نموذج ترخيص

أنا الطالب نوح " محمد علي" حسن الصبابحه أمنح الجامعة الأردنية و / أو من تفوضة ترخيصاً غير حصري دون مقابل بنشر و/ أو استعمال و/ أواستغلال و/ أو ترجمة و/ أو تصوير و/ أو إعادة انتاج بأي طريقة كانت سواء ورقية و/ أو إلكترونية أو غير ذلك رسالة الماجستير/ الدكتوراة المقدمة من قبلي وعنوانها :

" تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعارعن بعد (R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)"

وذلك لغايات البحث العلمي و / أو التبادل مع المؤسسات التعليمية والجامعات و / أو لأي غاية أخرى تراها الجامعة الأردنية مناسبة، وأمنح الجامعة الحق بالترخيص للغير بجميع أو بعض ما رخصته لها .

اسم الطالب : نوح "محمد علي" حسن الصبابحه

التوقيـــع :

التاريـــخ : 06 / 5 / 2013

تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعارعن بعد (R.S)ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)

إعداد

نوح " محمد علي " حسن الصبابحه

المشرف

الأستاذ الدكتور حسن يوسف أبو سمور

قدمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الدكتوراة في الجغرافيا

كلية الدراسات العليا

الجامعة الأردنية

آيار، 2013م

قرار لجنة المناقشة

نوقشت هذه الأطروحة (تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنـــوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعــد (R.S) ونظـــام المعلومـــات الجغرافية (GIS)) وأجيزت بتاريخ ٢٥ /٠٤/ ٢٠١٣م.

أعضاء لجة المناقشة		التوقيــــع
الأستاذ الدكتور حسن يوسف أبو سمور أستاذ الجغرافيا الحيوية / الجامعة الأردنية	مشرفاً	....
الأستاذ الدكتور نعمان شحادة أستاذ المناخ / الجامعة الأردنية	عضواً	....
الدكتورحسام البلبيسي أستاذ الاستشعار عن بعد و نظام المعلومات الجغرافية المشارك	عضواً	....
الأستاذ الدكتورعلي عنانزة أستاذ الجيومورفولوجيا / جامعة مؤتة	عضواً	....

الإهداء

لا تحاول أن تعيد حساب الأمس و ما خسرت فيه

فالعمر حين تسقط أوراقة لن تعود مرة أخرى

ولكن مع كل ربيع جديد سوف تنبت أوراق أخرى

فانظر الى تلك الأوراق التي تغطي وجه السماء

ودعك مما سقط على الأرض فقد صارت جزءا منها

الى كل طالب علم يشق طريقة في البحث بأمانة واخلاص

أهدي ثمرة جهدي المتواضع هذه

نوح

شكر وتقدير

قال تعالى:(إِلاَّ الَّذِينَ صَبَرُواْ وَعَمِلُواْ الصَّالِحَاتِ أُوْلَـئِكَ لَهُم مَّغْفِرَةٌ وَأَجْرٌ كَبِيرٌ)(سورة هود،11)

الحمد لله مظهر الحق ومبديه، ومنجز الوعد وموفيه ، ومسعد العبد ومشقيه ، الحمد لله نصب الكائنات على ربوبيته وألوهيته ادلة و حججا ، وجعل لمن لاذ به واتقاه من كل هم فرجا ومن كل ضيق مخرجا ، أحمده سبحانه وأشكره شكر عبد تنقل في منازل العبودية بين الانابة والتوكل ، والرغبة والرهبة ، والخوف والرجاء .

أما وقد استضاء جهدي هذا بنور الكلمات، فلا يسعني إلا أن أتوجه بعظيم شكري وامتناني، إلى كل من ساهم في إبرازه إلى حيز الوجود.

فلمشرفي الأستاذ الدكتور حسن أبو سمور الامتنان الكبير لجهوده في تصويب مسيرة هذا البحث وهفواته، وإعادته إلى جادة الطريق كلما حادت به السبل بعدم بخله علي بتوجيهاته.

ولأعضاء لجنة المناقشة أساتذتي الأفاضل: الأستاذ الدكتور نعمان شحاده ، والأستاذ الدكتور علي عنانزة والدكتور حسام البلبيسي الشكر الجزيل لتقبلهم مناقشة هذه الأطروحة لمدّها بآرائهم التي ستسهم في زيادة متانتها العلمية.

وشكري يمتد إلى كلا من الدكتور المهندس ركاد الطعاني في جامعة البلقاء التطبيقية و الدكتور جواد البكري من كلية الزراعة في الجامعة الأردنية لسعة صدرهم في الأجابة عن تساؤلاتي ومدي بمعرفتهم التي لا تنضب .

فهرس المحتويات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

قائمة الملاحق

تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعارعن بعد(R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)

إعداد

نوح "محمد علي" حسن الصبابحة

المشرف
الأستاذ الدكتور حسن يوسف أبو سمور

الملخص

تقوم هذه الدراسة على تقييم احتمالية حصاد مياه الامطارفي حوض الجفر جنوب شرق الأردن من خلال التكامل بين تقنيات الاستشعارعن بعد (RS) ، نظام المعلومات الجغرافية (GIS) والنماذج الهيدرولوجية من أجل تحديد مدى ملائمة منطقة الدراسة لاقامة أنظمة أو مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود) .

وتبدو أهمية هذا النوع من الدراسات في ايجاد نموذج يمكن الاسترشاد به مستقبلا في دعم القرارالمكاني المتعلق بانشاء أنظمة الحصاد المائي في الأقاليم الجافة وشبة الجافة ، حيث تعد عملية التقييم لاحتمالية حصاد مياه الأمطار مبررا هاما في المناطق التي تعاني شحا أوندره في مواردها المائية من خلال الاستفادة من التصريف المائي للأودية الواقعة ضمن الأحواض قيد الدراسة .

وعمدت هذه الدراسة الى تقييم احتمالية الحصاد المائي من خلال تطوير منهجية يمكن تطبيقها بسهولة لتحديد مواقع مشاريع حصاد مياه الأمطار في حوض الجفر جنوب شرق الأردن من خلال التكامل بين البيانات المستخدمة (بيانات الاستشعار عن بعد، نظام المعلومات الجغرافية والنماذج الهيدرولوجية) لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار بالتوافق مع عملية التسلسل الهرمي التحليلي باستخدام نموذج التقييم المكاني متعدد المعايير ، بالاضافة الى دراسة كافة الخصائص الطبيعية (الجيولوجيا ، التربة ، المناخ ، الجيومورفولوجيا والنبات الطبيعي) ، والبشرية (توزع المستوطنات البشرية والبنية التحتية) في منطقة الدراسة كخطة عمل متكاملة في نظام المعلومات الجغرافية لتحقيق أهداف الدراسة .

كما استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد و نظام المعلومات الجغرافية لإنتاج كافة الخرائط أو الطبقات المكانية الرئيسية اللازمة للتحليل المكاني ، بالإضافة لإنتاج الخرائط اللازمة لبناء النموذج المكاني المنشود لتقييم احتمالية الحصاد المائي وتتضمن خرائط المعدل السنوي للأمطار، معامل الجريان السطحي، الموازنة المائية، الانحدار، استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي، التربة، التركيب الجيولوجي، الشبكة المائية، رقم المنحنى ، خرائط الملائمة الموزونة والنهائية للحصاد المائي (السدود والحفائر).

واستخدم نظام خدمة حفظ التربة (SCS)لتقدير الجريان السطحي ومعامل الجريان السطحي في حوض الجفر ، كما استخدم نموذج (ثورنثويت وماذر) (TM) لتقدير الموازنة المائية وتحديد مناطق الفائض ومناطق العجز في منطقة الدراسة .

أخيرا توصلت الدراسة الى ايجاد طريقة متكاملة (Integrated Approach) لنموذج النمط الزماني والمكاني (Spatial-Temporal Pattern) لمناطق احتمالية الجريان السطحي باستخدام نموذج (SCS-CN) ، ونموذج (TM) مع المدخلات المستخرجة من بيانات الاستشعار عن بعد (R.S) بمساعدة نظام المعلومات الجغرافية (GIS) ، وبالتالي اتخاذ القرار المكاني في تحديد أفضل المواقع لإقامة الحفائر والسدود من خلال تحديد مجموعة من المعايير الموزونة التي أفرزت أفضل النتائج وبدقة عالية ، كما أظهرت هذه الدراسة كفاءة وامكانية التكامل بين بيانات الاستشعارعن بعد والنماذج الهيدرولوجية في بيئة نظام المعلومات الجغرافية من خلال تطابق النتائج التي تم التوصل اليها باستخدام هذه الطرق ونتائج العمل الميداني ، كما يثبت النموذج الذي تم تطويرة في هذه الدراسة فعاليته وامكانية تطبيقة في مناطق مختلفة من العالم .

الفصل الأول

الاطار النظري للدراسة

1:1 المقدمة

2:1 مشكلة الدراسة

3:1 تساؤلات الدراسة

4:1 فرضيات الدراسة

5:1 أهمية الدراسة ومبرراتها

6:1 أهداف الدراسة

7:1 الدراسات السابقة و مراجعة الأدب النظري

8:1 منهجية الدراسة

9:1 تنظيم الدراسة

1:1 المقدمة :

تعاني المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم من نقص متزايد في مصادر المياه المتاحه في الوقت الحاضر ، حيث تؤثر ندرة الامطار في إنتاجية التربة و التنمية بأشكالها المختلفة خاصة في الأقاليم التي تسود فيها ظروف الجفاف الحاد والمستمر .

يعد الأردن واحد من أربع دول الندرة المائية في العالم من حيث المصادرالمائية المتاحة ، حيث وصل الطلب على المياه عام 2011 حوالي 1100 مليون متر مكعب في حين ان المصادر المائية الآمنة المتوفرة تقدر بحوالي800 مليون متر مكعب. ومن المتوقع تزايد الطلب على المياه ليصل إلى حوالي 1400 مليون متر مكعب بحلول العام2020م،(وزارة المياه والري الاردنية،2013)،وكان نصيب الفرد السنوي من الماء عام1946م حوالي3600م3،وانخفض في الوقت الحاضر الى حوالي 145 م3 (USAID,2010) . ويرجع ذلك الى الزيادة السكانية المستمرة منذ منتصف القرن العشرين وحتي يومنا هذا - يشكل عدد سكان الاردن حاليا حوالي 6.300000 نسمة ويتوقع أن يصل الى 7.800000نسمة عام 2022 م- ، (دائرة الاحصاءات العامة،2010م)، ووقوعها ضمن الأقاليم الجافة وشبة الجافة من الكرة الأرضية والتي تتميز بمناخ جاف ، و محدودية المصادر المائية وندرتها وانخفاض معدلات الأمطار وتذبذبها من عام لأخر ، وتزداد المعاناه مع التغيرات المناخية والدفيئة العالمية في الوقت الحاضر .

وبالتالي يكتسب الماء في الأردن اهمية خاصة نظرا لندرته ومحدوديتة ، وعدم انتظام توزيعة زمانيا ومكانيا . ومع استمرار النمو السكاني وارتفاع وتيرة التنمية الاقتصادية والاجتماعية فان مشكلة الندرة المائية تتفاقم كنتيجة منطقية لتزايد الطلب على المياه لتلبية الاحتياجات المختلفة.

حيث أصبحت الموارد المائية بالرغم من شحها وندرتها في الأردن تتعرض لضغوط مستمرة ومتزايدة وهذا قد ينذر في المستقبل القريب بأزمة مائية في الأردن – وان بدت معالم هذه الأزمة تلوح في الأفق- اذا لم تتم الادارة ، التقييم والمحافظة على هذه الموارد المحدودة بشكل مستدام . ومن الطبيعي أن يواجه الأردن مثل هذه التحديات الأمر الذي يتطلب وضع الاستراتيجيات الفاعلة لادارة وتقييم المواد المائية المتاحة، حيث كان تقييم مصادر المياه في المملكة الأردنية الهاشمية موضوعا للعديد من الدراسات والتقارير التي تفاوتت في الشمول والعمق والدقة منذ أوائل الخمسينيات وحتى يومنا هذا . وبينت هذه الدراسات أن مصادر المياه في الأردن بشكل أساسي مياه الأمطار ، والتي تمتاز بقلتها وعدم انتظامها الزماني والمكاني ، ومع استمرار التزايد السكاني فان ذلك سيشكل تحدياً للمخططين والحكومات المتعاقبة التي يقع على عاتقها مسؤولية توفير المياه بالمواصفات والكميات المقبولة، ذلك أن حوالي 91% من مساحة

الأردن يقع ضمن النطاقات الجافة وشبة الجافة ، وتمثل منطقة الدراسة (حوض الجفر) احدى هذه النطاقات والتي تتميز بالتباين الزماني والمكاني للتساقط المطري .

بناءً على ما تقدم يمكن اعتبار أنظمة الحصاد المائي حلا لتلك المشكلة ضمن المناطق التي تكون فيها احتمالية حصاد مياه الأمطار أمرا ممكنا كما هو الحال في حوض الجفر ، و تعتبر السيول والفيضانات التي تتعرض لها أجزاء من الحوض من مصادر المياه العذبة ، حيث يعتبر حصاد مياه الأمطار حلا لتوفير مصدر مائي آخر من المصادر المائية الغير تقليدية تقلل من أنين الندرة المائية في المملكة الاردنية الهاشمية ، هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى سيكون لمثل هذه المشاريع جانبا ايجابيا في التخفيف من مخاطر الفياضانات ، حيث تشير السجلات المناخية الى تكرارها كالفيضانات التي تعرضت وتتعرض لها مدينة معان باستمرار .

أصبحت لأنظمة الحصاد المائي في الوقت الحاضر فائدة جديدة للتقييم من خلال ادارة الموارد المائية والتقليل من ندرة المياه في المستقبل وبشكل خاص في الأقاليم الجافة وشبة الجافة، حيث أصبحت هذه التقنية القديمة شائعة في الوقت الحاضر(Prinz, 2001) .

كما تعتبر أنظمة الحصاد المائي من أفضل الحلول لتنمية الموارد المائية في الوقت الحاضر، حيث أوجدت التطورات في التقنيات التي تخدم تقييم الموارد المائية خلال العقدين الأخيرين امكانية كبيرة في التطبيقات المختلفة من حيث تقييم الموارد المائية وتنميتها من خلال التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد (R.S) و نظام المعلومات الجغرافية (GIS) من جهة والنماذج الهيدرولوجية من جهة أخرى ، والتي يمكن من خلالها توفيرقاعدة بيانات دقيقة وموثوقة للموارد المائية والموارد الأرضية الأخرى ، والتي تعتبر خطوة قبلية وضرورية لتحديد نطاقات الجريان المائي ، والمواقع الملائمة لاقامة مشاريع الحصاد المائي (DurgaRao,2005) .

وفي هذا السياق يتطلب تحديد المواقع المحتملة للحصاد المائي معرفة أساسية بخصائص النظام المطري (Rainfall Regime) ، التقييم التفصيلي للخصائص الطبيعية والبشرية كطبوغرافية السطح ، خصائص التربة ، الجيومورفولوجيا ،المناخ ،النبات الطبيعي، هيدرولوجية المنطقة ، جيولوجية المنطقة، استعمالات الارض وأنماط الغطاء الأرضي،المناطق السكنية والبنية التحتية والموازنة المائية للوصول الى الصيغة الأكثر دقة وشمولا في خلق اطارا عاما لتقييم الموارد المائية من خلال الدمج بين تقنية الاستشعارعن بعد (R.S)، نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنماذج الهيدرولوجية للمساهمة في بناء نموذج يمكن من خلاله تقييم احتمالية الحصاد المائي وتحديد مدى ملائمة حوض الجفر لاقامة مشارع الحصاد المائي (الحفائر والسدود) وبالتالي الحد أو التقليل من الندرة المائية الزمانية والمكانية قدر الامكان .

وهنا تبرز أهمية هذا النوع من الدراسات في وضع أصبع الابهام على الحاجة المتزايدة لطرق توفير الوقت ، التكلفة والجهد من أجل تحديد وتمييز المواقع الاكثر ملائمة لأنظمة الحصاد المائي في المناطق الأكثر حاجة. حيث يقدم نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (GIS&R.S) طريقة قيمة ومفيدة لتجميع ، تخزين ، تحليل ، تحويل ، عرض وتوليد البيانات المكانية وغير المكانية لأغراض تحديد احتمالية حصاد مياه الامطار في منطقة الدراسة وتحسين فهمنا للعمليات الهيدرولوجية فوق اللاندسكيب الأرضي من خلال تطبيق (GIS) للنماذج الهيدرولوجية وأخذها بعين الاعتبار (Gangodagamage and Clarke , 2001) .

وبالتالي فان الادارة الناجحه والعلمية للمياه الجارية الناتجة عن الامطارفي منطقة الدراسة ستسلط الضوء أيضا على مشكلة غاية في الأهمية تتمثل في الضغوط المستمرة على المياه الجوفية واستنزافها والتأثير في نوعيتها، و تشير الدراسات الى أن حوض الجفر الجوفي يتعرض لخطر الحدود الآمنة لاستخراج المياه الجوفية وخطر الاستنزاف و ارتفاع تركيز الأملاح فيها ،(مؤتمر التعدين الأردني الثاني،1997) .

2:1 مشكلة الدراسة :

تتمثل مشكلة الدراسة في تقييم احتمالية حصاد مياه الامطار في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS) من اجل بناء نموذج يمكننا من الوقوف على أفضل المواقع وأكثرها ملائمة لانشاء أنظمة الحصاد المائي ، بالاضافة الى ايجاد حلول مفيدة تقلل من مشكلة الندرة المائية في الأردن ، حيث يتطلب ذلك الحصول على البيانات اللازمة ، وتوليد قاعدة البيانات ذات العلاقة بمشكلة الدراسة .

كما تعتبر مشكلة تقييم احتمالية حصاد مياه الامطار قضية يمكن قياسها ودراستها من خلال التكامل بين الاستشعار عن بعد ، نظام المعلومات الجغرافية والنماذج الهيدرولوجية لتحديد مدى ملائمة منطقة الدراسة لاقامة مشاريع الحصاد المائي وتحديد أنسب المواقع لمثل هذه المشاريع لتوفير المياه للقطاعات الحساسة في المجتمع المحلي في الاقاليم الجافة وشبه الجافة كالحوض قيد الدراسة (حوض الجفر) ، والتي تؤدي الى الحفاظ على الموازنة المائية والاسستخدام الامثل لمياه الأمطار والتي تجري بشكل طبيعي على السطح في مناطق ندرة الأمطار .

3:1 تساؤلات الدراسة :

ستحاول الدراسة الإجابة على التساؤلات التالية :

- ما هي الخصائص الطبيعية و البشرية لحوض الجفر ؟
- ما هو الوضع المائي في حوض الجفر بالاستناد الى نتائج الموازنة المائية المبنية على نموذج ثورنثويت وماذر (Thronthwaite & Mather Models) (TM)؟
- ما هي النماذج الهيدرولوجية الأنسب لتقدير الجريان السطحي ، وما معامل الجريان السطحي في حوض الجفر ؟
- كيف يمكن تحقيق التكامل بين (R.S & GIS) والنماذج الهيدرولوجية لتحديد المواقع الملائمة للحصاد المائي في حوض الجفر ؟
- ما هي أفضل الطرق التي يمكن اتباعها لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطارفي حوض الجفر، وما هي المعايير التي يجب أخذها بالاعتبار لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار في حوض الجفر ؟
- ما مدى ملائمة حوض الجفر لاقامة مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود)، وما هي أفضل المواقع الملائمة لأنظمة حصاد مياه الأمطار(الحفائر والسدود) في حوض الجفر ؟
- ما مدى التطابق بين نتائج تطبيق (GIS&R.S) والنماذج الهيدرولوجية ونتائج العمل الميداني ؟

4:1 فرضيات الدراسة :

تسعى الدراسة الى بناء نموذج باستخدام (GIS) لاثبات أورفض الفرضيات التالية :

- يمكن استخدام مجموعة بيانات الأقمار الإصطناعية ونظام المعلومات الجغرافية في تحديد احتمالية حصاد مياه الامطار في حوض الجفر .
- الخصائص الطبيعية والبشرية في منطقة الدراسة تحدد مدى ملائمة حوض الجفر لاقامة مشاريع الحصاد المائية .
- فعالية تطبيق نموذج (TM) لتقدير الموازنة المائية في حوض الجفر .
- فعالية تطبيق طريقة (SCS-CN) لتقدير الجريان السطحي و معامل الجريان السطحي في حوض الجفر .
- يمكن تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه الأمطار في حوض الجفر من خلال التكامل بين تقنيتي (R.S&GIS) والنماذج الهيدرولوجية .

5:1أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة ومبرراتها في محاولة الباحث لتطويرنموذج يمكن استخدامه في المناطق الجافة وشبة الجافة بشكل عام وفي حوض الجفر بشكل خاص ، كذلك لتوليد قاعدة بيانات وتحديثها بغية الضبط ، المراقبة والمتابعة ، وامكانية تحويل هذه البيانات الى دراسة علمية تمكن صناع القرار من الاستفادة من التصريف المائي للاودية الواقعة ضمن الحوض قيد الدراسة والناتج عن الامطار وخاصة في الاجزاء العليا (الشمالية الغربية والغربية) من حوض الجفر بغرض الوصول الى تقييم واقعي ، بالاضافة الى تحديد المواقع المثلى لمشاريع حصاد مياه الامطار و أساليب تطويرها بالاعتماد على تقنيتي (GIS&R.S) والنماذج الهيدرولوجية .

كما تبدو أهمية هذا النوع من الدراسات في ايجاد نموذج يمكن الاسترشاد به مستقبلا في دعم القرار المكاني المتعلق بانشاء أنظمة الحصاد المائي في الأقاليم الجافة وشبة الجافة في الأردن بشكل خاص وفي العالم بشكل عام ، و بالتالي تعد عملية التقييم لاحتمالية حصاد مياه الأمطارمبررا هاما في المناطق التي تعاني شحا أوندره في مواردها المائية ، ويمكن تحديد هذه المناطق من خلال مناخها الجاف وشبه الجاف وبالتالي اما أن تكون هذه المناطق صحراوية أو شبه صحراوية كما هو الحال في حوض الجفر.

6:1مبررات الدراسة:

ترتبط أسباب اختيار حوض الجفر كمشكلة للدراسة الى قلة الدراسات المتعلقة بهذا الحوض حسب تقارير وزارة المياه والرّي ، وتتركزمعظم الدراسات المائية في الاحواض الشرقية والشمالية الشرقية من الأردن ، كذلك لما يشكله هذه الحوض من تباين مناخي وطببيعي على امتداد مساحتة ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة .

7:1أهداف الدراسة :

أ. الهدف العام :

تهدف الدراسة الى تقييم احتمالية حصاد مياه الامطار في حوض الجفر جنوب شرق الأردن من خلال التكامل بين تقنيتي (GIS&R.S) والنماذج الهيدرولوجية لبناء نموذج مكاني يمكننا من تحديد مدى ملائمة منطقة الدراسة لاقامة أنظمة أو مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود) بالاعتماد على مجموعة من المعايير الموزونة التي حددها الباحث بما يتوافق مع السيناريوالعام للدراسة.

ب. الأهداف المحددة :

- تحديد وتحليل خصائص منطقة الدراسة الطبيعية والبشرية (الموقع،الجيولوجيا ،التربة،المناخ ، الغطاء النباتي ،الخصائص الجيومورفولوجية والخصاص السكانية

والعمرانيـة) واعـداد الخـرائط الموضـوعية الخاصـة بهـا مـن خـلال التكامـل بـين تقنيتـي (GIS&R.S) .

- اعداد الموازنـة المائيـة لحوض الجفربالاعتمـاد علـى نمـوذج (TM) للوقـوف علـى الوضـع المـائي العـام في الحـوض وبمـا يحقق الهـدف العـام للدراسـة ، واعـداد الخـرائط الموضـوعية المرتبطة بنتائج تقدير وتحليل الموازنة المائية .

- تحديد وتحليل استعمالات الأراضـي والغطـاء الأرضـي فـي حـوض الجفـر ، واعـدا الخـرائط اللازمة لذلك من خلال التكامل بين تقنيتي (GIS&R.S) .

- تقدير الجريان السطحي في حوض الجفر باستخدام طريقة (SCS-CN) ، واعداد الخـرائط الموضوعية المرتبطة بنتـائج تطبيق هذه الطريقـة من خـلال التكامل بين نمـوذج (الأمطـار – الجريان السطحي) وتقنيتي (GIS &R.S)، بالاضافة لتقدير معامـل الجريـان السطحي السنوي بالاستناد الى نتائج تطبيق نموذح (الأمطار – الجريان السطحي) (SCS-CN) .

- تحديـد فعاليـة التكامـل بـين (R.S&GIS) والنمـاذج الهيدرولوجيـة لتحديـد مواقـع مشـاريع الحصاد المائي الملائمة في حوض الجفر .

- انتاج خرائط الملائمة لأنظمة حصاد مياه الأمطار في حوض الجفر تساعد في دعم عمليـة اتخاذ القرارالمكاني بغية تحديد أنسب المواقع لاقامة مشاريع الحصاد المائي .

- تطويرنموذج باستخدام (GIS) يتعلق باحتمالية حصاد مياه الأمطـار فـي حـوض الجفـر يمكـن تطبيقة محليا وفي مناطق أخرى من العالم .

- تحليل المخرجـات النهائيـة للعمليـات المتضـمنة فـي استخدام النمـاذج الهيدرولوجيـة و (R.S &GIS) .

- القيام بالعمل الميداني للتأكد من النتـائج النهائيـة المتعلقـة بـالخريطـة النهائيـة لأنظمـة الحصـاد المائي (الحفائر والسدود) .

8:1 الدراسات السابقة و مراجعة الأدب النظري:

أ.مفهوم الحصاد المائي :

تستند فكرة حصاد مياه الامطارعلى الاستفادة من مياه الجريان السطحي من خـلال تـوفير مساحات مولدة للجريان ومناطق أخرى لتركيز الجريـان وتخزينـة ، أي اعطـاء جـزء من الأرض كمية من مياه الأمطار أخذت أو حرمت من نصيب جزء آخر وركزت في مساحة اصغركي تزيد مـن كميـة الميـاه المتجمعـة بحيـث تكفـي الاحتياجـات المائيـة للنبـات أو المحصـول المـزروع ، (Oweis,et al.,1999) .

كما يعبر عن حصاد مياه الأمطار بالعملية التي يتم من خلالها جمع وحفظ الجريان السطحي لمياه الامطار في مشاريع أو منشآت صناعية مثل البرك ، الحفائر والسدود ، ليتم فيما بعد استخدامها لأغراض ري المزروعات وسقاية الحيوانات وبعض الاستخدامات البشرية خلال مواسم الجفاف قبل أن تعود هذه المياه مرة أخرى كجزء من الدورة الهيدرولوجية ، وبعبارة أخرى الاستفادة من الجريان السطحي لاستخدامات انتاجية ، وتنفذ هذه المشاريع في المناطق الصحراوية الرعوية التي تتميز بشح المياه، (الأنصاري ، 2005) .

ويطلق مصطلح الحصاد المائي على أي عملية مورفولوجية أو كيميائية أو فيزيائية تنفذ على الأرض من أجل الاستفادة من مياه الأمطار ، سواءً بطريقة مباشرة عن طريق تمكين التربة في تخزين أكبر قدرممكن من مياه الأمطار الساقطة عليها وتخفيف سرعة الجريان الزائد عليها للمساهمة في التقليل من الانجراف أو بطريقة غيرمباشرة بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف لاستخدامها لأغراض الرَي التكميلي للمحاصيل الزراعية أو للشرب أو لسقاية الحيوانات أو لتغذية المياه الجوفية ،(المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، 2002) .

وطبقت تقانات الحصاد المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تشح الأمطار وتكون غير كافية عموما لانتاج محصول ما أو لنمو المراعي ، ونظرا للتوزع غير المنتظم للامطار خلال موسم الهطول المطري ، وتباين العواصف المطرية من فترة لأخرى ، أو هطول الامطار خلال الأوقات غير الملائمة لنمو المراعي والنبات بحيث تزداد مخاطر فشل المحصول أو تصبح فرص عدم نموه عالية جدا . ويمكن العمل على زيادة انتاجية النباتات في بيئات المناطق القاحلة باستخدام تقانات الحصاد المائي أي عن طريق زيادة جريانها السطحي وتجميعها وتخزينها في أجزاء معينة، (Prinz,1996) . ووجد أول نظام موثق وكامل للحصاد المائي في صحراء النقب يعود بناءه الى 4000 ق.م ، لذا فان أهمية تنمية تقانات الحصاد المائي تعتبر تقنية غير قابلة للجدل ، (Evenari,et al.,1971) .

ب. تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في تقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار :

طُبقت طرق البحث المختلفة و التي اعتمدت على الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية(R.S & GIS) من قبل باحثين مختلفين لتقييم احتمالية حصاد مياه الامطار في المناطق النائية الجافة وشبه الجافة والمناطق نادرة البيانات، حيث ستعمد هذه الدراسة على استخدام هذه الطرق لانتاج الخرائط الموضوعية (Thematic maps) ،والتي تتضمن ادخال

البيانات المستخلصة (Extracted Data) من صور الاستشعارعن بعد في بيئة (GIS) لتقييم المواقع الملائمة لحصاد مياه الأمطار وبما يتناسب مع أهداف ومنهجية الدراسة القائمة .

كما يعتبر استخدام بيانات الاستشعارعن بعد (R.S) هام جدا لعمل خرائط الموارد الطبيعية ، وتوليد قاعدة بيانات مكانية مناسبة وتجهيزها كمدخلات من أجل التحليل باستخدام (GIS) ، حيث يعتبر(GIS) أداه لجمع ، تخزين ولتحليل البيانات المكانية،وبالتالي تطوير نموذجا بالاعتماد على العناصر المحلية التي يمكن استخدامها في عملية التقييم للموارد الطبيعية ، ووضع وادارة خطط العمل المتعلقة بالمياه ، ويمكن تطبيق هاتين التقنيتين بشكل متلازم لاستخدامها كاداة فاعلة لاختيار المواقع المناسبة للحصاد المائي (ICRAF,2005) .

وتظهر أهمية تحديد المواقع المحتملة لانشاء أنظمة حصاد مياه الامطار من أجل حقن المياه الجوفية في حوض (Bkhar) في مقاطعة (Mirzapur) في الهند من خلال انتاج خرائط موضوعية مختلفة مثل خريطة استخدام الأرض وخريطة جيومورفولوجية وغيرها باستخدام الاستشعارعن بعد، حيث دمجت هذه الخرائط أو الطبقات (Layers) مع خريطة التصريف المائي والخريطة الجيولوجية باستخدام (GIS) مع بعض التوزين (Weighting) باستخدام الخبرة لدى الباحثين بالمواقع المحددة لحصاد مياه الأمطار، (Kumar,et al.,2008) .

ومع انتشار أنظمة الحصاد المائي في جميع انحاء افريقيا جنوب الصحراء الكبرى ، فقد اقترح في جنوب افريقيا اقامة مشاريع الحصاد المائي للتخفيف من الندرة الزمانية والمكانية للمياه، وبالتالي أصبحت هناك حاجة ماسة الى طرق فعالة لتوفير الوقت، التكلفة والجهد في تحديد وتمييز المناطق الملائمة لانظمة الحصاد المائي في مناطق الندرة المائية ، حيث يمكن تطبيق (GIS) كأداة متكاملة لتخزين ،تحليل وادارة البيانات المكانية وربطها مع النماذج الهيدرولوجية لتسهيل عملية اتخاذ القرارالمكاني في تحديد مستوى التزويد المائي، والتخطيط وتقييم المواقع لحصاد مياه الأمطار، (De Winnaar,2007) .

و قدم (2007) . Kahinda, et al ، منهجية تمكن مسؤولي المياه من التقييم الملائم لحصاد مياه الأمطار لاي منطقة مقترحة ، حيث ادخل ضمن المتغيرات اللازمة للتقييم العوامل (الاقتصادية – الاجتماعية) والتي لم تأخذها الكثير من الدراسات في الاعتبار. حيث اعتبر هؤلاء الباحثين أن عدم دمج العوامل (الاقتصادية – الاجتماعية) يؤدي الى الضعف في مشاريع حصاد مياه الأمطار كما استخدمت مجموعة من العوامل الطبيعية، البيئية و(الاقتصادية – الاجتماعية) بالتزامن مع بعضها البعض في مجال حصاد مياه الامطار من قبل هؤلاء الباحثين وقد قام الباحث بأخذ ذلك بالاعتبار في الدراسة القائمة.

و طورت الخرائط المناسبة للمناطق النائية في افريقيا من أجل تقييم احتمالية حصاد مياه الأمطارمن خلال تطبيق(RS & GIS) بالتكامل مع النماذج الهيدرولوجية (الأمطار- الجريان السطحي) ، وهذا ساعد في اتخاذ القرار المناسب واختيار المواقع الملائمة لحصاد مياه الأمطار في جزيرة (Unguja) في زنجبار (Zanzibar)، واعتبر الباحث أن (GIS) طريقة مفيدة تزود الباحثين باطارهام لتخزين،تحليل،تحويل وعرض البيانات المكانية وغير المكانية ،(Munyao,2010) .

كما تمكن Durga Rao, et al.(2004) من انتاج خريطة النطاقات الملائمة لأنظمة الحصاد المائي في مدينة(Dehradun) في الهند باستخدام (RS & GIS) من خلال عدة متغيرات تشمل الانحدار ، استخدام الأرض ،التربة ، التصريف المائي ، الجريان السطحي وغيرها .

واستخدم Mahmoud, et al.(2005) (R.S & GIS) في السودان من أجل تقييم احتمالية حصاد مياه الفيضان في (Seliet Area Wadis) باعتبارها من الأدوات الملائمة لحساب المساحات الحوضية في الأودية وفي تقييم المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار .

ولا يقتصر تطبيق (GIS) لتحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار على المناطق الكبيرة المساحة ، بل يمكن تطبيقها في مواضع محدودة المساحة ، حيث طبقت في حرم جامعة (Periyar) في مقاطعة (Salem) جنوب الهند من خلال استخدام بيانات الاختلاف المكاني،الفيزوغرافية (Physiography) ، والليثولوجي (Lithology) لنطاق التربة ونطاق الكسر (Fracture Zone) ، وصنفت المنطقة الى ثلاثة أصناف رئيسية باستخدام (GIS) حسب ملائمتها لأنظمة الحصاد المائي الأكثر ملائمة ، الملائمة بشكل متوسط والملائمة بشكل منخفض ، وتبين في هذه الدراسة كفاءة التحليل باستخدام (GIS) مقارنة بطرق التحليل التقليدية في تقييم وادارة الموارد الطبيعية ودعم أنظمة صنع القرار في هذا الاتجاه ، (Ramkumar, et al.,2010) .

بالاضافة لما سبق فقد استخدم Bakir and Liang.(2004) تقنيات (R.S & GIS) في تحديد أنظمة حصاد مياه الأمطار في الصحراء السورية (البادية) بالاعتماد على العوامل الفيزوغرافية (Physiographic Factors) وهي العوامل الطبوغرافية، التربة ، النبات الطبيعي، الهيدرولوجيا والعوامل المناخية لدراسة الشبكة المائية في البادية السورية من أجل تحديد المناطق الملائمة للحصاد المائي .

كما حاولت الحنبلي(2002) البحث عن وسائل الحصاد المائي القديمة ومقارنتها بالوسائل الحديثة في الأردن باستخدام طرق الاستشعار عن بعد (الصور الجوية) ، واعتبرت الباحثة ان

استخدام الصور الجوية يمثل أداه مفيدة لتوفير البيانات الهيدرولوجية وخاصة في المناطق التي يصعب الوصول اليها وقد تغني في كثير من الاحيان عن الدراسة الميدانية.

ووجد الباحث في الدراسة القائمة لحوض الجفر في تقنيتي (GIS&R.S) أدوات فعالة في التعامل مع الكم الهائل من البيانات التي شكلت مدخلات بحجوم ، كميات وأنواع مختلفة وهائلة ، كذلك أدوات مهمة في تخزين وتحليل البيانات ، كذلك باعتبار كلتا التقنيتين ذات امكانات عالية في تحديد واختيار المواقع باستخدام الخرائط التي تتناسب مع هدف أي دراسة، وهذه التقنية مفيدة في إدارة اختيار المواقع ودراسة ملائمتها للهدف المنشود للدراسة الحالية .

ج. الموازنة المائية كأساس لتقييم احتمالية حصاد مياه الامطار :

تتطلب عملية التقييم لمشكلة حصاد مياه الامطار تقدير الموازنة المائية ، حيث يعتمد حساب الموازنة المائية على استخدام (Thronthwaite & Mather Models) وبمساعدة (R.S &GIS) لتحديد العجز أو الفائض في الموازنة المائية للمنطقة قيد الدراسة .

حيث قام Jasrotia,et al.(2009) في توظيف النتائج التي تم الحصول عليها من حساب الموازنة المائية من أجل تحديد مواقع أنظمة الحصاد المائي في منطقة جامو-هيمالايا (Jammu- Himalaya) في الهند وتمثل ذلك باستخدام (R.S & GIS) لانتاج خرائط موضوعية للخصائص ذات العلاقة المباشرة وغير المباشرة بمواقع حصاد مياه الامطار مثل خرائط استخدام الارض ، التربة ، التصريف ، الانحدار وغيرها . كما تم اشتقاق أو اسخلاص خريطة الجريان المحتمل بالاعتماد على القياسات المشتقة من حساب الموازنة المائية وحددت في النهاية المواقع الملائمة لحصاد مياه الامطارمن خلال الخرائط الموضوعية آنفة الذكر والمدمجة في (GIS) . كما اعتبر هؤلاء الباحثون أن الموازنة المائية في الوقت الحاضر أداه فاعلة لادارة المصادر المائية ، العمليات المائية واتخاذ القرار في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تشهد ظروف متطرفة فيما يتعلق بالمناخ .

كما يؤكد Victoria,et al.(2007)أهمية استخدام نموذج (TM) كنموذج مناخي بالتكامل مع (GIS) لتقدير الموازنة المائية الشهرية لحوض نهر (Ji-Parană) غرب ولاية أمازونا وبالاعتماد على مرئيات الأقمار الصناعية عالية القدرة التمييزية .

واعتمد الباحث في الدراسة القائمة على نموذج (TM) لاعداد الموازنة المائية الخاصة بحوض الجفر،و ذلك باعتبار الموازنة المائية من المعايير الهامة والمؤثرة بشكل فاعل في اتخاذ القرار المكاني وفي تحديد احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر، كذلك لم يغفل الباحث اهمية طريقة (SCS-CN) المستخدمة في تقدير الجريان السطحي في تقدير الموازنة المائية .

وقام (Su'd) Al-Jabri,et al. (2009) بتحديد الموازنة المائية لحوض وادي سود (Su'd) في الضفة الغربية باستخدام طريقة (SCS-CN) حيث استخدم الباحثون نتائج هذه الطريقة في تقدير الجريان السطحي ، بالاضافة لمعدل التبخر الشهري ، وحساب معدل الرشح لتقدير الموازنة المائية (Water Budget) .

كما اعتمد الباحث في الدراسة القائمة على نتائج تطبيق طريقة (SCS-CN) في تقدير الموازنة المائية لحوض الجفرومقارنتها مع النتائج التي تم التوصل اليها باستخدام نموذج (TM) حيث كان الاختلاف لا يذكر .

د. نمذجة الجريان السطحي – الأمطار كأساس لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار :

يعتمد الحصاد المائي على النماذج الهيدرولوجية لقدرة هذه النماذج على اظهار اتجاهات مناطق الجريان السطحي والأمطار، وتحديد هذه المواقع لتنفيذ مشاريع الحصاد المائي وهذا سيشكل محورا هاما في الدراسة القائمة في تقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار في حوض الجفر .وسيتم الاستخلاص المناسب للقياسات الهيدرولوجية الرئيسية (The Key of Hydrological Parameters) باستخدام (GIS) ، ومن ثم سيصار الى تجهيز البيانات اللازمة لادخالها الى النموذج الهيدرولوجي (The Hydrological Model) والتي يمكن الحصول عليها من خلال تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing Techniques) ومن المصادر المختلفة.

و اقترح Gupta, et al .(1997) استخدام معلومات الغطاء الأرضي (Land Cover Information) المشتقة من المرئيات الفضائية في نموذج ((The Normalized Difference Vegetation Index) (NDVI)) للحصول على الخرائط التي تستخدم كمدخلات لاشتقاق خدمة حفظ التربة المعدل ((Modified Soil Conservation Service)(SCS)) ومن ثم استخراج رقم منحنى الجريان السطحي ((Runoff Curve Number)(CN)) والتي ستستخدم بعد ذلك في نموذج علاقة الجريان السطحي - الأمطار (Model Rainfall-Runoff Relationship) في الحوض المائي لغايات تقييم امكانية حصاد مياه الأمطار، ويمكن تطبيق نموذج خدمات حفظ التربة (The Soil Conservation Services) بشكل واسع لمحاكاة الجريان السطحي خلال العاصفة المطرية الواحدة ، وتعتبر هذه الطريقة مقبولة اذا كانت كمية الأمطار خلال هذه العاصفة تتجاوز (40ملم) .

كما طبق De Winnaar, et al.(2007) طريقة (SCS-CN) لتحديد الجريان السطحي من أجل تحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار المحتملة (The Potential RWH Potential Sites) في حوض نهر(Thukela) في جنوب افريقيا ،وتم الاعتماد على القياسات الرئيسية التي يمكن استخدامها لاشتقاق وتقدير (CN) بالاستناد الى خرائط اعادة تصنيف فئات

التربة بالاعتماد على وحدات نسيج التربة (The Soil Texture Unites) ، والغطاء الأرضي لاشتقاق رقم المنحنى النهائي (The Final Curve Number) .

ويمكن استخدام (CN) لاشتقاق الجريان السطحي المتوقع من حجم الأمطار خلال العاصفة المطرية وبعد ذلك استخراج معامل الجريان المائي، (Senay, et al ., 2004).

ويعتبر Abu Khyarah(2002) أن النماذج الهيدرولوجية أدوات مناسبة لادارة المياه السطحية،حيث تمثل هذه النماذج العلاقة بين البيانات المكانية والهيدرولوجية في الحوض، حيث اختار الباحث اثنين من النماذج الهيدرولوجية لاستخلاص مكونات الموازنة المائية (Water Budget Components) في حوض الزرقاء – عمان ، واعتبر الباحث أن النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام هذين النموذجين كانت مرضية .

واعتبر AL-Nubani (2000) في دراسة لحوض وادي نابلس لعملية الأمطار- الجريان السطحي أن الدراسات الهيدرولوجية التساقط – الجريان السطحي ترتبط مع المشكلات المتعلقة بتصميم وادارة مشاريع الموارد المائية مثل التزويد المائي ، التحكم بالفيضان ، وان سجلات التساقط تساعد في التنبؤ بحجم الجريان وبالتالي في تقييم الموارد المائية السطحية المتاحة .

وتم في الدراسة القائمة تطوير فهم العلاقة بين الامطار والجريان السطحي باعتبار ذلك مرحلة هامة جدا في التخطيط وادارة المصادر المائية والتحكم بالفيضان في حوض الجفر بالاعتماد على الأساليب المتبعة في مثل هذه الدراسات .

حيث اعتبر Ismail (1986) في دراسة لحوض وادي الوالا تقوم على نمذجة العلاقة بين الأمطار – الجريان السطحي والقدرة التخزينية في حوض وادي الوالة أن عملية النمذجة لمثل هذه العلاقة تعتمد على البيانات المتاحة والنموذج المستخدم .

كما يعتبر Choi, et al. (2007) أن هناك علاقة هامة بين الامطار والجريان السطحي ، وان (GIS) يهتم بتمثيل الظاهرات المكانية في حين تهتم النماذج الهيدرولوجية بتدفق المياه وخصائصه فوق سطح الأرض ، حيث يمكن من خلال التكامل بين (R.S & GIS) والنماذج الهيدرولوجية تحديد اتجاهات الفيضانات المفاجئة ، وبالتالي تحديد المواقع الملائمة للحصاد المائي على هذه الاودية بناءً على ذلك .

لذلك فقد طبقت AL-Zayed(2010) منهجية خاصة لاختيار وتحديد أماكن تقنيات حصاد المياه على مساحة 3600كم2 في وادي واتيير جنوب جزيرة سيناء في مصر من خلال حساب الجريان المائي المحتمل باستخدام النموذج الرياضي (HEC-1) لتحويل مياه الأمطار الى جريان سطحي ، حيث أظهرت النتائج امكانات هامة لحصاد مياه الأمطار والتخفيف من آثار الفيضانات المفاجئة من خلال تخزين المياه في بعض الأماكن أعلى الوادي .

واعتمد (Pradham,et al.(2010 لتقدير الأمطار- الجريان السطحي حول (Singtam) شرق سيكيم (East Sikkim) باستخدام (GIS &R.S) على نموذج (SCS-CN) مع الأخذ بعين الاعتبار قياسات الانحدار ، الغطاء الارضي ، بيانات الامطار ومساحة الحوض المائي ، ومن ثم قام الباحث باعداد الخرائط الموضوعية اللازمة حيث وجد الباحث في نهاية المطاف أن هناك ارتباط وثيق بين الجريان المسجل في محطات قياس الجريان وبين نتائج تطبيق نموذج (SCS- CN) .

كما نجد أن كلا من (Shadeed and Al-Masri. (2010 طبقا (GIS) بالاعتماد على نموذج (SCS-CN) في الضفة الغربية – فلسطين حيث اعتبر الباحثان أن رقم المنحنى (CN) يعتبر عامل أساسي في تحديد الجريان السطحي في خدمة حفظ التربة (SCS) بالاعتماد على طريقة النمذجة الهيدرولوجية (Hydrologic Modeling Method) ، وتوصل الباحثان الى أهمية التكامل بين (GIS) وطريقة (SCS-CN) لتقدير حجم الجريان السطحي في الأحواض المائية الجافة وشبة الجافة في الضفة الغربية.

وقام كلا من (Amutha and Porchelvan. (2009 بتطبيق نموذج (SCS-CN) في حوض (Malattar) في الهند ، حيث قام الباحثان بتقدير الجريان السطحي في هذا الحوض بالاعتماد على طريقة CN-(SCS) وبالتكامل مع (GIS &R.S) .

واعتبر (Craciun,et al.(2007 نموذج (SCS – CN) يشكل عاملا مساعدا وبديلا باستخدام (GIS) لتقدير الجريان السطحي وتقييم الجريان الهيدرولوجي مع الأخذ بعين الاعتبار رطوبة التربة الأولية (السابقة) .

أخيرا اعتبر (Gandini and Usunoff. (2004 طريقة (SCS-CN) طريقة بسيطة وتستخدم على نطاق واسع الجريان السطحي الناتج عن الأمطار في المناطق المحددة ، وهذا يتطلب وجود معرفة بالخصائص الهامة للحوض المائي كالاستخدام الأرضي والظروف المائية السابقة للتربة (Antecedent Soil Water Conditions) والتي لا تكون متاحة دائما حيث استخدمت هذه الدراسة (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)، تصنيف الاستخدام الأرضي ، وبيانات نوع التربة من اجل تقديرات (SCS-CN) ضمن بيئة (GIS) ومن ثم ادخالها الى نموذج (الأمطار-الجريان السطحي) من أجل التنبؤ بالفيضانات في حوض نهر (Azul) في الأرجنتين .

واعتمد الباحث في الدراسة القائمة على تقدير الجريان السطحي في حوض الجفر من خلال التكامل بين نموذج (SCS-CN) و (GIS&R.S) ، باعتبار عملية تقدير الجريان السطحي الأساس في نمذجة (الامطار – الجريان السطحي) من أجل تقدير معامل الجريان

السطحي باعتباره معيارا هاما في اتخاذ القرار المكاني لتحديد ملائمة منطقة الدراسة لاقامة مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود) .

هـ. عملية التسلسل الهرمي التحليلي كأساس لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار :

تعتبر عملية التكامل بين طرق صنع القرار متعددة المعايير (The Integration of Multi-Criteria Decision Methods(MCDM) و تقنية (GIS) تقدما كبيرا مقارنة بالطرق التقليدية لتحليل استخدام الأرض الأمثل ، حيث يمكن اعتبار عملية التسلسل الهرمي التحليلية (Analytic Hierarchy Process)(AHP) واحدة من عمليات التحليل في (GIS) والتي تعتمد على (MCDM) ، حيث تتم عملية جمع وتحويل البيانات المكانية (المدخلات) الى مخرجات (القرار الناتج) ، كما تنطوي على استخدام البيانات الجغرافية والحد من رغبات صناع القرار في التلاعب بالبيانات وفقا لقواعد قرار محددة ، (Malczewski,2004) .

وفي هذا المقام يشير (Satty(2008 الى أن عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) عباره عن أداة اتخاذ قرار رئيسية تستخدم للحصول على حلول مناسبة لتقييم المناطق الأكثر ملائمة لحصاد مياه الامطار (RWH) ، وتتم عملية تنظيم العوامل التي يتم تحديدها في التسلسل الهرمي بدءا من المعايير الرئيسية (العامة) ، ثم المعايير الثانوية وأخيرا المعايير البديلة .

و استخدم (Kinoti, et al.(2006 المعرفة التي تعتمد على الخبرة الشخصية كأساس لعملية تحليل صنع القرار متعدد المعايير لتحديد أنظمة الحصاد المائي في تنزانيا حيث اعتمدت هذه الدراسة على دمج البيانات المختلفة المناخية ، القياسات الأرضية (Terrain Parameters) وبيانات الاستشعار عن بعد لتقدير الجريان السطحي .

وعمدت هذه الدراسة الى تحديد الجريان السطحي من خلال أوزان معينة حيث طبق (AHP) كنظام دعم قرار للوصول الى القرارالمكاني النهائي من خلال (GIS) وبالاعتماد على الدراسات السابقة في هذا المجال ، وستتم عملية التوزين للخرائط الموضوعية (Thematic Layers) بما يتلائم مع منطقة الدراسة القائمة (حوض الجفر) ، حيث تختلف عملية التوزين من موقع لآخر كما أشارت الى ذلك الدراسات المختلفة .

و. معايير تقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار :

من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة والاستغلال الامثل طويل الامد لابد من التقييم الأمثل لاحتمالية الحصاد المائي من خلال تحديد المعايير الملائمة لاتخاذ القرار المكاني المتعلق بذلك .

حيث اعتبرت الشطناوي (2006) أن هناك مجموعة من الشروط والعوامل الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند انشاء السدود والحفائر في البادية الشمالية الشرقية من الأردن باستخدام تقنيات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) والتي تتمثل في دراسة طبوغرافية المنطقة

بهدف معرفة أماكن تجميع المياه، دراسة الوضع الجيولوجي لمنطقة الحرة البازلتية لانشاء السدود بعيدا ما أمكن عن التصدعات والشقوق، دراسة الوضع الهيدرولوجي للمنطقة ، دراسة المياه الجوفية في البادية الشمالية الشرقية، دراسة استعمالات الأرض وغيرها من العوامل . حيث اعتمدت الباحثة على الخرائط التي تنتجها المؤسسات المعنية لتكوين طبقات (Layers) باستخدام (GIS) لاختيار أفضل المواقع لانشاء السدود والحفائر في البادية الشمالية الشرقية من الأردن .

كما حددت منظمة الفاو FAO(2003) ستة عوامل رئيسية يجب ادخالها الى (GIS) لتطوير نموذج ملائم لحصاد مياه الأمطار (Rain Water Harvesting (RWH)) وهي الأمطار ، المياه الجارية (العلاقة بين الامطار - الجريان السطحي) (Rainfall – Runoff Relationship) ، الانحدار ، الغطاء الأرضي ، التربة (النسيج ، البنية والعمق) والظروف الاقتصادية – الاجتماعية في المنطقة .

و حدد Patil, et al.(2006) سبعة معايير يجب أخذها بالاعتبار عند اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي تتمثل في التساقط المطري ، العوامل الجيولوجية (خصائص الصخر والتربة) ، الطبوغرافيا ، الجريان السطحي ، استخدام الأرض ، البيانات المناخية ، المستوطنات البشرية والعوامل الاقتصادية والاجتماعية .

كما نجد أن AL-Adamat ,et al.(2010) حددو مجموعة من المعايير يجب تحديدها لاختيار مواقع الحفائر شمالي الاردن تتمثل بالامطار ، الانحدار ، نسيج التربة (المحتوى الطيني) ، البعدعن الأودية ، البعد عن الحدود الدولية ، البعد عن الطرق ، البعد عن المراكز الحضرية ، البعد عن الصدوع والبعد عن الآبار حيث قام الباحثون باعداد الخرائط الموضوعية المتعلقة بهذه المعايير باستخدام (GIS) ومن ثم القيام بعملية التوزين المناسبه واتخاذ القرار المناسب بتحديد مواقع الحفائر .

وحدد Isioye, et al.(2012) خمسة معايير لتحديد المناطق الملائمة لانشاء الحفائر تتمثل ببيانات التربة ، الأمطار ، الطبوغرافيا (الانحدار والمظهر العام) ، التصريف المائي والغطاء الأرضي ومن ثم قام الباحثون باعداد الخرائط الموضوعية المطلوبة ، وتصنيفها الى خمس انماط هي ملائمة الى حد كبير جدا ، ملائمة جدا ، متوسطة الملائمة ، منخفضة الملائمة وملائمة بشكل منخفض جدا واستخدمت هذه التصنيفات لانتاج خرائط المعايير وبالنهاية تحديد أفضل المواقع لاقامة مشاريع الحصاد المائي .

كما يرى Musa,et al.(2009) ان الانحدار ذو أهمية بالغة عند اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي وبشكل خاص الحفائر ، البرك والسدود وبالتالي لا ينصح باقامة هذا النوع من

المشاريع في المناطق التي يزيد انحدارها عن (5%) بسبب التوزيع غير المتكافئ للجريان السطحي لان ذلك يتطلب عمل كبير يحتاج الى تكاليف مرتفعة ، واعتبر الباحثون انه عادة ما تكون الحفائر الزراعية أكثر ملائمة في المناطق ذات الانحدار اللطيف (2-8%) .

وحدد Singh, et al.(2009) في دراسة لتحديد المواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي باستخدام (GIS&R.S) في حوض (Soankhad) في البنجاب (الهند) خمسة معايير يجب أخذها بعين الاعتبار وهي أن لا يزيد الانحدار عن (10%) ، أن يكون معدل رشح التربة للماء متوسط ، تنفيذ المشاريع في المناطق القاحلة أو أراضي الشجيرات ، وأن يكون نوع التربة (Silty Clay Loam) وأن تبعد المسافة عن القرى أكثر من (200متر) .

واستخدمت الدراسة القائمة مجموعة من المعايير ومن ثم تم اعداد الخرائط الموضوعية المتعلقة بها لتحديد مدى ملائمة حوض الجفر لاقامة مشاريع الحصاد المائي ، حيث اعتمد في تحديد هذه المعايير على مجموعة من الدراسات السابقة التي تم مراجعتها ، والتي تتناسب بيئاتها الطبيعية مع البيئة الطبيعية لمنطقة الدراسة بالاضافة لنتائج تقييم الباحث للخصائص الطبيعية والبشرية لمنطقة الدراسة .

9:1 منهجية الدراسة (Methodology of Study):

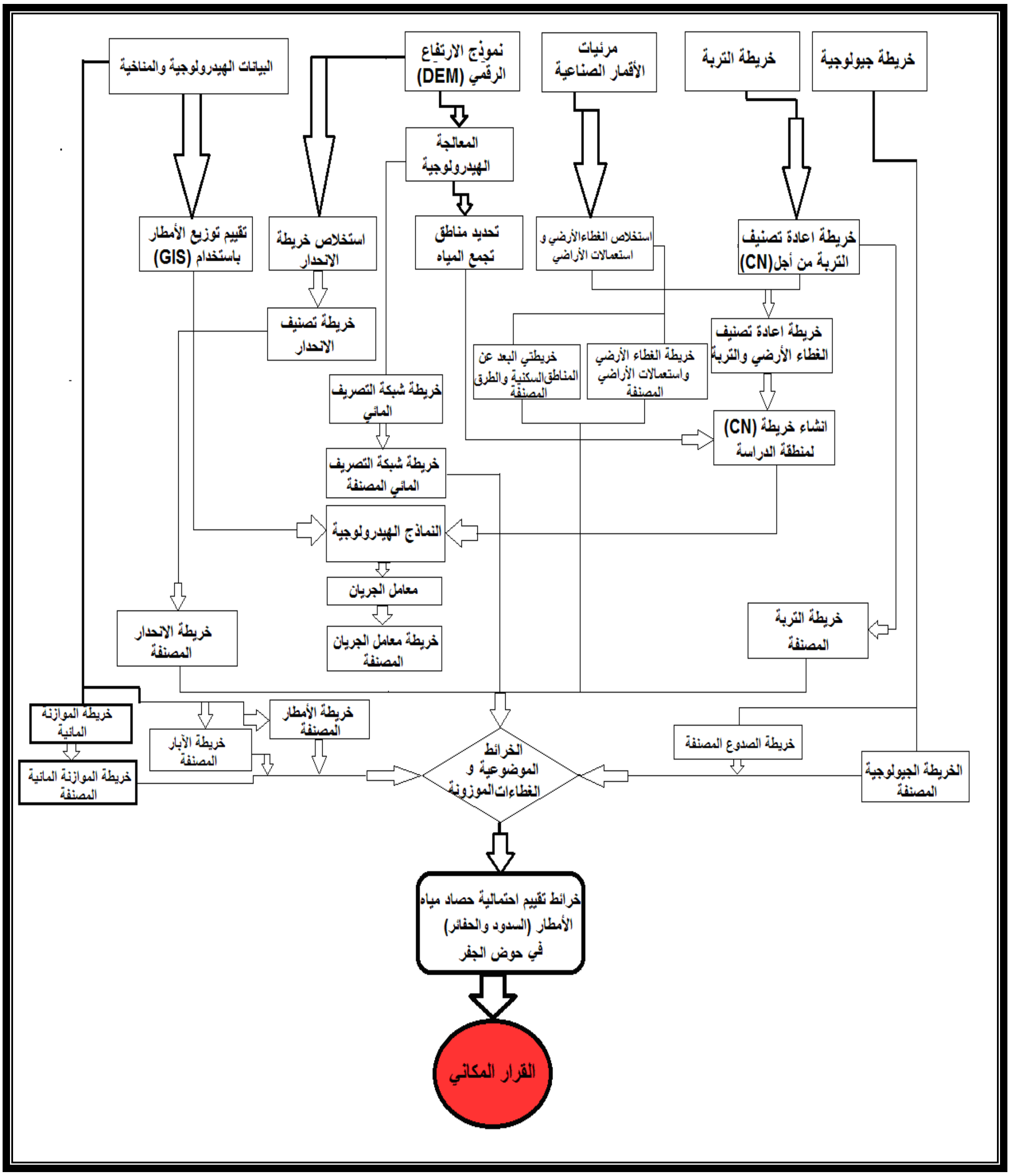
اتبعت هذه الدراسة مجموعة من المناهج أو الطرق بناءا على معطيات الدراسة من أهمها :

أ.المنهج التحليلي : ارتبط استخدام هذه المنهج بتحليل بيانات الاكسل المتعلقة بخصائص منطقة الدراسة ، بالاضافة الى تحليل الخرائط التي تم اعدادها باستخدام (GIS&R.S) و تحليل نتائج تطبيق النماذج الهيدرولوجية والنتائج النهائية للدراسة .

ب.المنهج الاستقرائي : استخدم الباحث هذا المنهج لاثبات أو رفض فرضيات الدراسة من خلال استخدام الاساليب والاجراءات العلمية والعمل الميداني ، حيث استخدم هذا المنهج لتقييم احتمالية الحصاد المائي واختيار أنسب المواقع بواسطة (GIS&R.S) والنماذج الهيدرولوجية ومن ثم اثبات أو رفض معايير مدى ملائمة المواقع التي تم اختيارها من خلال العمل الميداني .

1:8:1 الاطار المفاهيمي (Conceptual Framework) :

يشار إلى المنهجية المستخدمة لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (R.S) من خلال الخريطة المفاهيمية ، الشكل (1).



الشكل (1) الاطار المفاهيمي العام لتقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار واتخاذ القرار المكاني للمواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر

حيث يتضح من الخريطة المفاهيمية، الشكل (1) أن الباحث إتبع في الدراسة القائمة منهجية منظمة ومتسلسلة، ذلك أن عملية إتخاذ القرار المكاني تتطلب تحديد البيانات اللازمة للمعالجة والتحليل لتحقيق أهداف الدراسة.

واسترشد الباحث في هذا المجال بمجموعة من الدراسات السابقة لبلورة منهجية الدراسة، وفي ذلك وجهة نظر عقلانية لإعداد مجموعة من الخرائط الموضوعية بالتكامل بين تقنيات (GIS&RS)، مع النماذج الهيدرولوجية كأدوات فاعلة للوصول القرار المكاني المناسب والدقيق .

2:8:1 البيانات الأولية المستخدمة في الدراسة (Primary Data Sets):

تظهر البيانات الأولية التي تم استخدامها في الدراسة القائمة ، الجدول (1)،والذي يمثل البيانات ،المقياس ، المدى المكاني ، نوع البيانات ومصادر البيانات.

الجدول (1) طبيعة البيانات الأولية المستخدمة في الدراسة ومصادرها

مجموعة البيانات	السنة (م)	المقياس	المدى المكاني	النوع	المصدر
البيانات المناخية	1970-2010م،1940-2010م	المحطات المناخية والمطرية	13محطة مناخية ومطرية	بيانات مناخية شهرية ويومية	دائرة الارصاد الجوية الأردنية، وزارة المياه والري الأردنية،وزارة الزراعة الأردنية
بيانات الاستشعارعن بعد(الأقمار الإصطناعية)	عدة مرئيات	منطقة الدراسة (حوض الجفر)	30م	Imagery	www.landsat.org, http://.aster.erdas.or.jp/
	عدة مرئيات	منطقة الدراسة (حوض الجفر)	30م	DEM	http://gdem.aster.erdas.or.jp/
خرائط وبيانات التربة	1994	1: 50000	حوض الجفر	ماسح ضوئي	وزارة الزراعة
الخرائط الجيولوجية	2011	50000:1 ،100000:1 ،650000:1	حوض الجفر	ماسح ضوئي	سلطة المصادر الطبيعية
الخرائط الطبوغرافية	1992	250000:1	حوض الجفر	ماسح ضوئي	المركز الجغرافي الملكي
البيانات السكانية	2010	منطقة الدراسة (حوض الجفر)	حوض الجفر	احصاءات سكانية،حدود ادارية	دائرة الاحصاءات العامة ووزارة البلديات الأردنية

ويمكن تحديد الخرائط الأولية ،المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاع الأرضي التي تم استخدامها في الدراسة على النحو الآتي :

أ- الخرائط الجيولوجية وتشمل :

1. العناب : مقياس 100000:1   2. جبال العاذريات : مقياس 100000:1
3.الجفر : مقياس 100000:1   4. جبال كبد : مقياس 50000:1
5.وادي أبو ميل : مقياس 50000:1   6.الشيدية : مقياس 50000:1
7.جبال البتراء : مقياس 50000:1   8.بير خداد : مقياس 50000:1
9.معان : مقياس 50000:1   10.سفير المحطة : مقياس 50000:1

11. الشوبك : مقياس 1:50000 — 12. الطفيلة : مقياس1:50000

13.الحسينية : مقياس 1:50000 — 14. واد أبو الحمام : مقياس 1:50000

15.رأس النقب : مقياس 1:50000

16.خريطة التراكيب الجيولوجية(الصدوع) مقياس 1:650000

ب- خرائط التربة وتشمل :

1.خريطة عمان : مقياس 1:250000 — 2.خريطة العقبة : مقياس 1:250000

3.خريطة الأزرق : مقياس 1:250000 — 4.خريطة العناب : مقياس 1:250000

ج- الخرائط الطبوغرافية وتشمل :

1.خريطة العقبة : مقياس 1:250000 — 2.خريطة العناب: مقياس 1:250000

3.خريطة الجفر : مقياس 1:250000 — 4.خريطة معان : مقياس 1:250000

د- نموذج الارتفاع الأرضي : - Didital Elevation Model (DEM)

1.ASTGTM_N29E035_DEM1img/ Resolution 30m

2. ASTGTM_N29E036_DEM1img/ Resolution 30m

3. ASTGTM_N29E037_DEM1img/ Resolution 30m

4. ASTGTM_N30E035_DEM1img/ Resolution 30m

5. ASTGTM_N30E036_DEM1img/ Resolution 30m

هـ- المرئيات الفضائية :(Satellite images)

1- مرئية ملتقطة بواسطة القمر الصناعي (Landsat7,2000/ Resolution 30m)

2. مرئية ملتقطة بواسطة القمر الصناعي (ASTER,2009/ Resolution 15m)

و- المحطات المستخدمة في الدراسة :

يبين الجدول (2) المحطات المستخدمة في الدراسة وعددها (13) محطة تمثل البيانات المناخية (الأمطار ودرجات الحرارة) لمدة (40 عاما) 1970-2010م باستثناء محطة معان لمدة (70 عاما) 1940-2010م ، وهنا يجب التنوية أن كل النتائج المتعلقة بمحطة معان هي مبنية على بينات الحرارة والأمطار لمدة (70 عاما) .

الجدول (2) المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة

LONGITUDE	LATITUDE	المحطات
420434.9	355161.6	الجفر
378008.9	342137.7	معان
358885.8	345409.8	البسطة
355021.6	338395	الصداقة
353400.8	331435.5	قويرين
364629.5	357067.3	أذرح
438150.5	383922.6	جبل قزيمة
405118.3	369169	قبر الصوا
396350.8	320307.1	أبو طرفة
488667.4	316067.6	العناب
453444.7	313917.4	كبد
369010.5	307522.4	جبل البتراء
363122.5	378235.6	الشوبك

3:8:1 تطبيقات الاستشعار عن بعد (R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS):

يمكن اعتبار كلاّ من تقنيتي (R.S & GIS) من الأدوات الفاعلة في تطبيق منهجية الدراسة الحالية باعتبارها أدوات إدخال للبيانات والخرائط الأولية والتي تشمل البيانات الجيولوجية، التربة، الطبوغرافية، حيث استخدم الباحث برمجية (ArcGIS10)، وبرمجية (ENVI4.6).

كما تم في المراحل الأولية استخدام كلتا التقنيتين لإدخال المرئيات الفضائية وتصحيحها كذلك الحال بالنسبة لنموذج الارتفاع الأرضي، ليصار بعد ذلك إلى تخزين هذه البيانات تمهيداً للبدء بعملية المعالجة والتحليل والتي نجم عنها كما هائلا من المعلومات والبيانات المكانية الكمية والنوعية في مراحل الدراسة المختلفة والتي أعطت نتائج عالية الدقة ، حيث اتضح ذلك من خلال عمليات المعايرة المستمرة التي كان يقوم بها الباحث في مراحل الدراسة المختلفة.

وتمكن الباحث في نهاية المطاف من إعداد الخرائط الموضوعية اللازمة والقيام بعملية الوزن لها حتى تم تحقيق الهدف العام للدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر واختيار أفضل المواقع لإقامة هذه الأنواع من المشاريع، وبالتالي فقد استخدمت تقنيتي (GIS and RS) لإعداد الخرائط التالية :

1- إعداد خريطة الأساس (Shape File) :اعتمد الباحث على استخدام نموذج الارتفاع الأرضي (DEM) في تحديد حدود منطقة الدراسة باستخدام تحليل المرئية (Image Analysis)

باستخدام (Hydrology-Watershed) في برمجية (ArcGIS10)، وبعد ذلك رسم حدود منطقة الدراسة على شكل (Vector layer) بدقة عالية حسب نظام الإحداثيات (JTM).

2- إعداد الخرائط الجيولوجية: تم تحويل الخرائط الجيولوجية باستخدام الماسح الضوئي (Scanner) من خرائط ورقية إلى خرائط رقمية، ومن ثم تعريفها (Georeferencing) حسب نظام الإحداثيات (JTM) باستخدام برمجية (ArcGIS10)، ومن ثم القيام بعملية تصنيف منطقة الدراسة حسب التراكيب و الوحدات الجيولوجية التي تنتشر فيها، كذلك الحال بالنسبة لتحديد مناطق انتشار الصدوع ، وبما يتوافق مع حدود منطقة الدراسة.

3- إعداد الخرائط الطبوغرافية : تم إدخال الخرائط الطبوغرافية باستخدام الماسح الضوئي (Scanner) وتحويلها من خرائط ورقية إلى خرائط رقمية (Vector Map)، ومن ثم تعريفها (Georeferencing) حسب نظام الإحداثيات (JTM) باستخدام برمجية ArcGIS) (10، وبالتالي الاستفادة من هذه الخرائط في تحديد المواقع وتسمياتها المختلفة، كذلك من أجل مطابقتها مع خريطة الشبكة المائية التي أعدها الباحث بإستخدام نموذج الارتفاع الأرضي (DEM) بما يتوافق مع حدود منطقة الدراسة.

4- إعداد خرائط التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية: تم إدخال خرائط التربة باستخدام الماسح الضوئي (Scanner) وتحويلها من خرائط ورقية إلى خرائط رقمية، ومن ثم تعريفها (Georeferencing) حسب نظام الإحداثيات (JTM) باستخدام برمجية (ArcGIS10)، ومن ثم القيام بعملية تصنيف وحدات التربة في منطقة الدراسة، وإعداد الخريطة اللازمة لها، وبعد ذلك الرجوع إلى فحوصات التربة في منطقة الدراسة والذي أعدته وزارة الزراعة من أجل تحديد نسيج التربة (Soil Texture)، وخصائص التربة الأخرى الكيميائية والفيزيائية، (Ministry of Agriculture,1995) ، ومن ثم إعداد الخرائط اللازمة لذلك بما يتوافق مع حدود منطقة الدراسة ، حيث تعتبر عملية اعداد خريطة أصناف التربة مدخلات هامة في مثل هذا النوع من الدراسات ، من خلال تأثيرها في في الجريان السطحي المحتمل ، وبالتالي في تقييم احتمالية حصاد مياه الأمطار في منطقة الدراسة .

5- إعداد الخرائط المتعلقة بالبيانات الهيدرولوجية والمناخية : تمت عملية التبويب للبيانات الهيدرولوجية والمناخية في جداول(Excel)،ومن ثم تم تحويلها إلى بيانات (DBF4(dBaseIV)(dbf*)،ومن ثم إدخالها إلى برمجية (GIS) وتعريفها (Georeferencing) حسب نظام الإحداثيات(JTM)، وبعد ذلك القيام بعملية توليد (Interpolation) وتحويل الخرائط الموضوعيه النقطية الى خرائط مساحية متسامته

(Raster) بطرق مختلفة تشمل (Deterministic Methods ,Geostatistical Methods and Interpolation with Barriers) باستخدام برمجية (GIS) .

6. اعداد الخريطة المتعلقة بالقيمة الفعلية للامطار والمبنية على معادلة (Mather,1974) التالية :

$$P-E=\sum_{n-1}^{12}115\left(\frac{p}{T-10}\right)^{10/9}$$

حيث تمثل (P-E) القيمة الفعلية للأمطاربالبوصة، (P) كمية الأمطار بالبوصة، (T) معدل درجات الحرارة الفهرنهايتيه، والرقم (10) والأس ($\left(\frac{10}{9}\right)$) معاملان ثابتان، كما يمكن استخدام المعدلة التالية لحساب القيمة الفعلية للأمطار(P-E) بنفس النتائج :

$$P-E=1.65\left(\frac{p}{T+12.2}\right)^{10/9}$$

7.إعداد الخرائط الخاصة بنتائج تطبيق نموذج (TM) والمتعلقة بالموازنة المائية من خلال تخزين النتائج في جداول (Excel)، ومن ثم تحويلها إلى بيانات (DBF4(dBaseIV)(dbf*) ، ومن ثم إدخالها إلى برمجية (GIS) وتعريفها (Georeferencing) حسب نظام الإحداثيات (JTM)، ومن ثم القيام بعملية توليد (Interpolation) وتحويل الخرائط الموضوعيه النقطية الى خرائط مساحية متسامته (Raster) بطرق مختلفة تشمل (Deterministic Methods ,Geostatistical Methods and Interpolation with Barriers) باستخدام برمجية (GIS) .

8. إعداد الخرائط المتعلقة بتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS-CN): لتقدير الجريان السطحي ومعامل الجريان السطحي والتي تزودنا بالمفاهيم العامة لاشتقاق أرقام المنحنى (CN) والتي تم تطويرها من خلال طريقة خدمات حفظ التربة (Soil Conservation Services (SCS)) ، حيث تم اعداد خريطة (CN) النهائية بالاعتماد على خريطة استخدامات الأرض ، خريطة التربة والظروف الهيدرولوجية والتي تعتبر الأساس لاعداد خريطة الجريان المحتمل خلال العاصفة المطرية الواحدة في منطقة الدراسة.

9.تحديد نطاقات الجريان السطحي المحتمل (Potential Surface Runoff Zones) : حيث تعتبر هذه الخطوة من المراحل الهامه في تنفيذ هذه الدراسة ، حيث تم اعداد خريطة الجريان السطحي المحتمل من خلال (GIS) وبالاعتماد على نموذج (TM) ، ونموذج

(SCS-CN) في ضوء الامكانات التقنية المتاحة ،من أجل التقييم النهائي لاحتمالية حصاد مياه الامطار في أجزاء منطقة الدراسة المختلفة بالاضافة الى دعم القرار المكاني .

10.اعداد خرائط بعد المسافة بين أنظمة الحصاد المائي والمناطق السكنية والبنية التحتية : من خلال عمل ما يسمى الحرم (Proximity-Buffer) حيث يعتبر معيارا هاما في تقييم احتمالية الحصاد المائي وقرب أنظمة الحصاد المائي من نقاط المنفعة (Proximity to Utility Points) ، حيث تم اعداد خريطة تحدد المسافات المناسبه لمشاريع الحصاد المائي من المناطق السكنية والبنية التحتية بالاعتماد على خريطة استعمالات الأراضي التي تم اعدادها باستخدام (GIS) .

11.إعداد الخرائط الموزونة المتعلقة بتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر بالإضافة لخرائط مواقع مشاريع الحصاد المائي (السدود والحفائر) : حيث قام الباحث بوزن المعاييرباستخدام طريقة الرتب (Ranking Method) باستخدام المعادلة التالية :

$$W_k = \frac{n+1-k}{\sum_{i=1}^{n}(n+1-i)}$$

حيث تمثل (n) عدد المعايير ، (K) المعيار و (i) فاعلية المعيار ، (Janssen et al, 1994) .

حيث تم تأويل أو تفسير أصناف الملائمة (Suitability Classes) لكل عامل، حيث صنف كل معيار على مقياس من (1-4) على النحو الآتي:

1- غير ملائم (Unsuitable)

2- متوسط الملائمة (Moderately Suitable)

3- ملائم (Suitable)

4- ملائم جدا (Highly Suitable)

12.اعداد الخرائط المصنفة : المتعلقة بالمعايير التي تم تحديدها لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر من خلال اعادة التصنيف باستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis Tools-Reclassfy) باستخدام (GIS) ، حيث اعتمد الباحث على طريقة تحديد المواقع بالطريقة المتسامتة (Raster) من خلال نموذج (Weight Linear Combination (WLC)) ، إذ تعتبر طريقة (WLC) من الطرق الرياضية المهمة والمتاحة لتحديد ووصف سلسلة المتغيرات أو المعطيات اللازمة لتحديد المكان المناسب لإقامة مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر .

13.اعداد الخرائط النهائية : المتعلقة بالمواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي (السدود والحفائر) في الحالات الأربع (ملائمة جدا ، ملائمة، ملائمة بشكل متوسط وغير ملائمة) ، حيث اعتمد الباحث في تحديد أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي على عملية المطابقة (Overlay-Fuzzy Overlay) بين الخرائط الموضوعية المرتبطة بكل معيار (Criterion) باستخدام (GIS) ، حيث أجريت الخطوات التالية للحصول على الخريطة النهائية الموزونة التي تحدد مدى الملائمة لاقامة مشاريع الحصاد المائي (السدود والحفائر) :

أ. قام الباحث بتقسيم المعايير الى مجموعتين حسب مستويات الملائمة حيث تم وضع المعايير ذات مستويات الملائمة (1-4) في مجموعة ، والمعايير ذات مستويات الملائمة (0،1)في مجموعة أخرى لضمان الدقة في النتائج التي سيتم الحصول عليها .

ب. تم وضع المعايير والمحددات في مجموعة ثابتة وإعطائها الأوزان الخاصة بها وتحديد الرتبة (Score) لكل معيار،حيث حدد الوزن لكل عامل من خلال طريقة (Pair– wis Comparison) والتي تتضمن عملية اتخاذ القرار المعروفة بالعملية الهرمية التحليلية ، (Analytical Hierarchy Process) .

ج.تحديد مستوى الملائمة (The Suitability Level) لكل مستوى عامل من خلال المعادلة التالية:

$$-Score = W1r1 + W2r2 \ldots + Wnr\ n)/\ n \times 100$$

حيث تمثل (Wn) الوزن (Weight) و(r n) علامة أو درجة (Rating Score) التصنيف لكل عامل (n)، (Saaty, 1990, Canada et al, 1996) .

د. قام الباحث بعملية الجمع للخرائط الناتجة بعد إعادة تصنيفها لتحديد المناطق الملائمة أو الغير ملائمة لإقامة السدود باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS-Raster calculater) لكلتا المجموعتين كخرائط متسامتة (Grid or Raster) حيث كانت أعلى قيم بعد عملية الجمع تمثل المناطق الاكثر ملائمة أما بقية القيم فتمثل المناطق الاقل درجة ملائمة .

هـ. إنتاج خريطتين لكل مجموعة تمثل كل خريطة الفرق بين (المجموع لحاصل ضرب وزن كافة العوامل مع أعلى رتبة لها) مع (المجموع الحاصل على ضرب وزن كافة العوامل مع أدنى مرتبة لها) كذلك الحال بالنسبة للمجموعة الثانية .

و. قام الباحث بعمل مطابقة للخريطتين الناتجتين عن كل مجموعة (Fuzzy Overlay) التي تمثل كل واحدة إحدى المجموعتين السابقتين ومن ثم القيام بعملية الضرب للخريطتين النهائيتين لإنتاج الخريطة النهائية الموزونة .

14. مرئيات الأقمار الصناعية: بعد أن تم الحصول على مرئيات الأقمار الصناعية من مصادرها المختلفة تم تعريفها (Georeferencing) حسب نظام الإحداثيات (JTM)، وتصحيح المرئيات وعمل ما يسمى (Mosaicking)، ومن ثم القيام بعلميات التصنيف باستخدام برمجية (ENVI4.6) ، وبعد ذلك قام الباحث باستخدام برمجية (ArcGIS10) لاستخراج الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي في منطقة الدراسة ، حيث يمكن اعتبار كلا من الغطاء الارضي و استعمالات الأرض من المحددات الرئيسية في تقييم احتمالية حصاد مياه الامطار ، وعامل مفتاحي في تحديد نطاقات الجريان المائي ، كما استخدم الباحث (ENVI4.6) لحساب (NDVI) وبالتالي تحديد مناطق توزع النباتات في منطقة الدراسة .

15.نموذج الارتفاع الأرضي ((Digital Elevation Model (DEM)): تم الحصول على خمس غطاءات لنموذج الارتفاع الأرضي، حيث تم تصحيحها (Correction)، ومن ثم عمل ما يسمى (Mosaicking) لمجموعة المرئيات للحصول على نموذج واحد يمثل منطقة الدراسة، بعد أن تم تحويلها إلى نظام الإحداثيات (JTM). ومن ثم استخدم نموذج الارتفاع الأرضي (DEM) لاستخراج الخصائص الجيومورفولوجية الخاصة بمنطقة الدراسة باستخدام برمجية (ArcGIS10)، على النحو التالي:

أ.إعداد الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، بالإضافة إلى إعداد المقاطع العرضية والطولية.

ب.استخراج الخصائص المورفومترية لمنطقة الدراسة وقياساتها الكمية والنوعية المختلفة .

ج.إعداد الخصائص المساحية والشكلية والتي يمكن من خلالها تقييم مدى ملائمة مناطق الدراسة المختلفة لانشاء انظمة الحصاد المائي .

د.تحديد الخصائص الإنحدارية لمنطقة الدراسة بالإضافة للمقاطع الإنحدارية.

هـ.استخراج الأشكال الأرضية و تحديدها في منطقة الدراسة.

و.تحديد واستخراج خصائص الشبكة المائية (Drainage Network) باستخدام (DEM) لتحديد رتب الأودية باستخدام (GIS) وتصنيفها وتقييم احتمالية حصاد مياه الامطار على الرتب المختلفة للاودية بالاضافة لاستخراج أطوال الرتب النهرية المختلفة .

رابعا : الأساليب المستخدمة في دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية :

1.استخدام طريقة الوسيط المكاني (Spatial Median) في بيئة (GIS) من أجل رسم المقاطع الانحدارية ، لأنه تبين للباحث ان الوسيط المكاني افضل من الوسط المكاني في تحديد مواقع النقاط، وانماط واشكال التوزيع المكاني نظراً لعدم انتظام شكل حوض الجفر .

2. الخصائص المساحية : قام الباحث بتحديد كافة الخصائص المساحية باستخدام (Utilities- Calculate Areas) باستخدام (GIS) .

3. نسبة الاستطالة (Elongation Ratio) : قام الباحث باستخدام المعادلة التالية لحساب نسبة الاستطالة :

$$\textbf{نسبة استطالة الحوض} = \frac{\textbf{طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض (كم)}}{\textbf{اقصى طول في الحوض(كم)}} \times 100$$

(Linsley,et al.,1988)

4. نسبة استدارة الحوض (Circularity Ratio): يمكن حساب نسبة استدارة الحوض المائي على النحو الآتي :

$$\textbf{نسبة استدارة الحوض} = \frac{\textbf{مساحة الحوض (كم}^2\textbf{)}}{\textbf{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه/ كم}^2} \times 100$$

(Linsley,et al.,1988)

5.معامل شكل الحوض (Form Factor) :يمكن حساب معامل شكل الحوض من خلال القرينة التالية :

$$\textbf{معامل شكل الحوض} = \frac{\textbf{مساحة الحوض (كم}^2\textbf{)}}{\textbf{أقصى طول الحوض (كم)}} \times 100$$

(Linsley,et al.,1988)

6 .تضرس الحوض (Basin Relief): يعبر عنه بالعلاق التالية :

- تضرس الحوض = ارتفاع أعلى نقطة في الحوض (م) – ارتفاع أدنى نقطة في الحوض (م) .

(Linsley,et al.,1988)

7 .نسبة التضرس: (Relif Ratio) :يعبر عن نسبة التضرس بالعلاقة التالية :-

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{ارتفاع أعلى نقطة في الحوض (م) – ارتفاع أدنى نقطة في الحوض (م)}}{\text{أقصى طول في الحوض (كم)}}$$

(Linsley,et al.,1988)

8. التضرس النسبي (Relative Relief) : يعبر عن التضاريس النسبية بالعلاقة التالية:-

$$\text{التضرس النسبي} = \frac{\text{ارتفاع أعلى نقطة في الحوض (م) – ارتفاع أدنى نقطة في الحوض(م)}}{\text{أقصى طول في الحوض (كم)}} \times 100$$

(Linsley,et al.,1988)

9.معامل الانعطاف (Detour Factor) يعبر عن معامل الانعطاف بالعلاقة التالية:-

$$\text{معامل الانعطاف} = \frac{\text{طول المجرى الحقيقي(كم)}}{\text{طول المجرى المثالي(كم)}}$$

(Wilson,1990)

10. درجة الانحدار الاجمالي : وتم استخلاصها باستخدام (GIS) .

جـ. المعامل الهبسومتري (Hypsometric Integral):يمكن التعبيرعنه بالعلاقة التالية:

$$\text{المعامل الهبسومتري} = \frac{\text{الارتفاع النسبي للحوض (م)}}{\text{المساحة النسبية للحوض(كم2)}}$$

(سلامة،2004م)

11.الكثافة التصريفية (Drainage Density): يمكن احتساب الكثافة التصريفية من خلال المعادلة التالية:

$$\text{الكثافة التصريفية} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري المائية من الرتب المختلفة في الحوض (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

(سلامة،2004م)

12. التكرار النهري (Stream Frequency):يمكن حساب التكرار النهري على النحو الآتي:

$$\text{التكرار النهري} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري المائية من الرتب المختلفة في الحوض (مجرى)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

(سلامة،2004م)

13. معدل التشعب النهري (Bifurcation Ratio): يمكن التعبير عن معدل التشعب النهري بالعلاقة التالية:

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد الروافد من رتبة معينة}}{\text{عدد الروافد من الرتبة التي تليها}}$$

(Linsley,et al.,1988)

14. قيمة الوعورة (Raggedness Value):يتم التعبير عن قيمة الوعورة بالعلاقة التالية:

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{الكثافة التصريفية (كم/كم}^2\text{)} \times \text{الفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض (م)}}{\text{طول محيط الحوض (كم)}}$$

(Smith, 1950)

15. معدل القوام الحوضي (Texture Ratio):ويمكن حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$\text{معدل القوام الحوضي} = \frac{\text{مجموع النتوءات البارزة في أي خط كنتوري في الحوض المائي}}{\text{طول محيط الحوض نفسه(كم)}}$$

(Smith, 1950)

16.معدل القوام الإقليمي: لجأ الباحث إلى تطبيق القرينة التي اقترحها (سميث، 1950) لوصف القوام الإقليمي، وذلك لأن حوض الجفر يتكون من 16 حوضا مائيا ثانويا، من خلال القرينة التالية:

$$\text{معدل القوام الإقليمي} = \frac{\text{مجموع (حاصل ضرب كل المساحات الحوضية في معدل قوامها الحوضي)}}{\text{مجموع المساحات الحوضية(كم}^2\text{)}}$$

(Smith, 1950)

خامساً: طريقة إعداد الموازنة المائية: (Water Balance Approach) :

اعتمدت طريقة إعداد الموازنة المائية في منطقة الدراسة على إستخدام طريقة (TM). والذي يعتمد على استخدام بيانات الحرارة ، الأمطار وخرائط التربة لتقدير الموازنة والمائية وبالتالي الجريان السطحي في حوض الجفر، ويمكن توضيح آلية حساب الموازنة المائية على النحو الآتي :

- حساب التبخر الكامن (TM) (Potential Evapotranspiration) من خلال المعادلة التالية:

$$PET = 1.6 \times Cx\,(10 \times T/I)^{a}$$

(Thornthwait and Mather,1955,1957)

حيث تمثل($PET: mm\ month^{-1}$) التبخر الكامن ، (C: Correction Factor) معامل التصحيح الشهري ، ويمكن حساب معامل التصحيح الشهري من خلال القرينة التالية :

$$C = [m/30] \times [d/12]$$

حيث تمثل(m) عدد الأيام في كل شهر ، (d) المعدل الشهري لعدد الساعات ما بين شروق الشمس وغروبها (عدد ساعات سطوع الشمس) ، ويمثل الجدول (3) المعدل الشهري لعدد ساعات سطوع الشمس في حوض .

الجدول (3) المعدل الشهري لطول النهار وعدد أيام الشهر في حوض الجفر

الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	المعدل
طول النهار	10.23	11.7	11.57	12.54	13.41	14.6	13.58	13.18	12.24	11.28	10.36	10.11	12.07

أما (I) فتمثل قرينة الحرارة السنوية ويتم احتسابها على النحو الآتي:

$$I = \sum i$$

حيث تمثل (i) قرينة الحرارة الشهرية ويتم احتسابها على النحو الآتي:

$$i = (T/5)^{1.514}$$

حيث تمثل (T)معدل درجة الحرارة الشهرية (مْ) .

أما (a) فتمثل دالة القرينة الحرارية ويتم احتسابها على النحو الآتي:

$$a = (6.75 \times 10^{-7} \times I^{3}) - (7.71 \times 10^{-5}) \times I^{2} + (1.792 \times 10^{-2} \times I) + 0.49239$$

- تقدير الفائض أو العجز المائي **(P - PET) :**

حيث تمثل (p) معدل الأمطار الشهري (ملم)، حيث يتم من خلال هذه المعادلة تقدير الفائض المائي (+) (Water surplus) أو العجز المائي (-) (Water Deficit) .

- حساب تراكم عجز الرطوبة لكل شهر لـ (P-PET)، أو ما يسمى الفاقد المحتمل المتراكم للرطوبة (Accumulated Potential Wetness Loss) (APWL) .

وتكون قيمة (APWL) صفرا في الشهور الموجبة لـ (P-PET)، وتبدأ عملية احتساب قيمة (APWL) مع بداية القيم السالبة بـ (P-PET) أي بحلول شهور الجفاف .

- حساب المخزون الحقيقي للرطوبة في التربة (SM) (The Actual Storage of Soil Moisture) حيث يتم احتسابها لكل شهر من خلال المعادلة التالية:

$$\mathbf{SM = AWC\chi\ e}^{(APWL\ /AWC\ )}$$

حيث تمثل:(e) قيمة ثابتة وتساوي (2,78) ، (AWC) السعة المائية المتاحة في التربة .

وقام الباحث بحساب السعة الحقلية أو السعة المائية المتاحة في التربة باستخدام خصائص التربة في منطقة الدراسة والمتمثلة بـ:

1- نسيج التربة، أي نسبة كل من الرمل والطين والغرين في كل وحدة تربة، والتي تم الحصول عليها من مسوحات التربة ، (وزارة الزراعة ،1993).

2- (Coarse Fragements) والتي تم الحصول عليها من خلال مسوحات التربة ،(وزارة الزراعة ،1993).

3- نسبة المواد العضوية في التربة (Soil Organic Carbon) والتي تم الحصول عليها من خلال مسوحات التربة ،(وزارة الزراعة ،1993) .

حيث اعتمد الباحث على نموذج (One Dimensional Soil Water Dynamics Model)(SWDM-1D) الذي طوره (سليمان،2006م) من كلية الزراعة في الجامعة الأردنية.

حيث قام الباحث بحساب ما يسمى كثافة الكتلة (Bulk Density) باستخدام هذا النموذج كخطوة أولى والذي يعتمد على كلا من نسبة الرمل ونسبة الطين ونسبة (Soil Organic Carbon) كمدخلات لحساب (Bulk Density)، ومن ثم قام الباحث بالاعتماد على نموذج (SWDM-ID) في حساب السعة الحقلية (Field Capacity) والذي اعتمد على نسبة الرمل ونسبة الطين ، كثافة الكتلة ، (Coarse Fragements) و(Soil Organic Carbon) كمدخلات لحساب (FC) .

وبعد ذلك قام الباحث بحساب نقطة الذبول (Wilting Point) بالاعتماد على نسبة الرمل والسعة الحقلية ، كثافة الكتلة ، (Coarse Fragments) و(Soil Organic Carbon) . وبالتالي حساب التغير في رطوبة التربة من خلال المعادلة التالية:

Δ **Smooth = Smooth – Sprevious month**

ويمكن حساب التبخر الحقيقي (AET) (The Actual Evaportranspiration) على النحو الآتي :

AET = Δ **SM + P (** Δ **SM < 0)**

AET = PET (Δ **SM > 0)**

- حساب العجز المائي (The Water Deficit) حيث تم حساب العجز المائي للأشهر التي كان الفرق بين التبخر الكامن (ملم) ومجموع الأمطار الشهري (ملم) سالبا (P-PET<0) من خلال المعادلة التالية :

DEF = PET – AET

كما يمكن حساب الفائض المائي: (The Water Surplus) من خلال المعادلة التالية:

SUR = P – PET

حيث يتم حساب الفائض للشهور التي تتساوى فيها قيم رطوبة التربة مع السعة الحقلية المتاحة، أما الشهور التي لا تتساوى فيها رطوبة التربة مع السعة الحقلية فإنها تعاني من عجز مائي .

- حساب الجريان المائي: (Water Runoff) حيث تم احتساب الجريان المائي من خلال الخطوات التالية :

1) متوسط الجريان المائي (Average Runoff) : حيث يتم احتساب متوسط الجريان المائي لشهر كانون الثاني على النحو الآتي:

Av. Runoff Month = Surmonth + Surprevious Month

أما لباقي الأشهر فيتم احتساب متوسط الجريان المائي على النحو الآتي:

Av. Run off month = Av. Runoff previous month + Surmonth

أما الجريان المائي لكل شهر فيتم احتسابها على النحو الآتي:

$$\text{Runoff month} = \frac{\text{Av. Runoff month}}{2}$$

والجزء المتبقي من الماء أما أن يتعرض للتسرب إلى باطن الأرض، أو يتم احتجازه في التربة ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

Detention water = A.v Run off month – Run off month

(Thornthwaite and Mather, 1955, 1957),

سادسا : طريقة (SCS-CN) لتقدير الجريان السطحي ومعامل الجريان السنوي في حوض الجفر بالتكامل مع (GIS&RS) : تم تطبيق مجموعة من المعادلات الرياضية لتقدير الجريان السطحي حيث تعتمد هذه المعادلات على الظروف الأرضية لمنطقة الدراسة، Land) (Conditions ورقم المنحنى (Curve Number) والذي يعتمد تقديره على نوع التربة، استخدام الأرض والغطاء الأرضي، ظروف الرطوبة الأولي (السابق) والبيانات اليومية للأمطار .

حيث تم استخراج خريطة الغطاء الأرضي واستخدام الارض من خلال مرئيات القمر الإصطناعي (ASTER)، مجموعة من الخرائط الطبوغرافية الخاصة بمنطقة الدراسة مقياس (1: 250000)، خرائط التربة التي أعدتها وزارة الزراعة ضمن برنامج مسح التربة عام 1993م مقياس (1: 250000)، و الخرائط الجيولوجية التي أعدتها سلطة المصادر الطبيعية بمقاييس مختلفة ، وتم التأكد منها بعد ذلك ميدانياً، وبعد ذلك تم تصنيف منطقة الدراسة حسب الغطاء الأرضي و استخدامات الأرض وتحديد الحدود الفاصلة بينها،واعداد الجداول المتعلقة بها باستخدام برمجية (ArcGIS10).

وتم اللجوء إلى استخدام خرائط مسح التربة 1993، التي أعدتها وزارة الزراعة لإعداد خرائط وحدات التربة ومن ثم الرجوع إلى كتب العينات الممثلة لكل وحدة تربة لتحديد نسيج التربة في حوض الجفر وغيرها من خصائص التربة المتعلقة بعمق التربة، رطوبة التربة، الارتفاع، اللون، استخدام الأراضي، والرشح (التسرب) ، ويبدو أن ذلك لا يؤثر في النتائج التي تم التوصل لها نظراً لقلة التغيرات التي طرأت على الخصائص الأرضية في منطقة الدراسة نظراً لوقوعها ضمن الإقليم الجاف وشبه الجاف من الأردن .

أ. طريقة رقم المنحنى (Curve Number Method):

1.تم تحديد ثلاثة مستويات في تحديد ظروف رطوبة التربة السابقة (Antecedent) Moisture Condition(AMC)) لتقدير (CN) ، وتشمل:

1. **AMCI: for Dry Conditions .**
2. **AMCII: for Normal Conditions .**
3. **AMCIII: for Wet Conditions .**

ويمكن استخدام المعادلات التالية المتعلقة بحالات (AMC) الثلاث :

(1) CN(I) = $\dfrac{4.2 \times CN_{(II)}}{10 - 0.058 \times CN_{(II)}}$

(2) CN (III)) = $\dfrac{23 \times CN_{(II)}}{10 + 0.13 \times CN_{(II)}}$

حيث يمثل ((CNII) رقم المنحنى في الظروف العادية، ((CNI) رقم المنحنى في الظروف الجافة، (CNIII) رقم المنحنى في الظروف الرطبة .

2. استخراج مجموعات التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil Groups):

تم تصنيف التربة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية (Hydrologic Groups) ، (A,B, C and D Group) ، (USDA, 1985) ، بالاعتماد على نسيج التربة بالرجوع الى جداول خاصة بذلك ، ومن ثم تحديد قيم رقم المنحنى بالاعتماد على استخدام الأرض والغطاء الأرضي بالرجوع الى جداول خاصة بذلك أيضا، وبعد ذلك قام الباحث بتصنيف منطقة الدراسة حسب قيم رقم المنحنى لكل مساحة ، حيث يمثل (CN) مقياسا مجردا (بلا وحدات عددية) (Dimensionless Parameter) وتتراوح قيمته بين (1) كحد أدنى و (100) كحد أعلى ويحدد بناء على مجموعة التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil Group) و استخدام الأرض ، (Chow, 2002) . ويمكن استخدام المعادلة التالية لتحديد قيم رقم المنحنى المركب (The Composite Curve Number) أو ما يسمى برقم المنحنى في الظروف العادية :(CNII)

$$\mathbf{CN_c} = \frac{\sum(CNi \times Ai)}{A} \qquad \textbf{(USDA, 1985)}$$

حيث تمثل (CNc) رقم المنحنى المركب CN_{II} لمنطقة الدراسة ككل.

ويمثل (CNi) رقم المنحنى لكل مساحة من (1) إلى (ن) .

ويمثل ال (Ai) المساحة لكل رقم المنحنى (CNi)

وتمثل (A) المساحة الكلية للحوض المائي.

ويمكن التعبير أيضاً عن رقم المنحنى المركب أو رقم المنحنى الموزون (Weighted Curve Number(WCN)) بالمعادلة التالية:

$$\mathbf{WCN} = \frac{CN1A1 + CN2A2 + \ldots + CNiAi \ \ldots . + CNnAn}{\sum_{i=1}^{n} Ai}$$

(Chow, 2002)

ب. تقدير الجريان السطحي (Estimation of Runoff) :

يمكن حساب (الجريان السطحي– التساقط) من خلال(SCS-CN) لتقدير عمق الجريان السطحي المباشر للعاصفة المطرية من خلال المعادلة التالية :

$$\mathbf{Q} = \frac{(p-0.2S)^2}{(p+0.08S)} \qquad \mathbf{p > 0.2S \ or \ P > Ia}$$

حيث تمثل (s) مخزون الحوض المائي (ملم)، (Q) الجريان الفعلي المباشر (ملم)، (P) مجموع الأمطار (ملم) و(Ia) الفاقد الأولي. و يتم تطبيق هذه المعادلة عندما تكون كمية الأمطار أكبر من 20 % من الفاقد الأولي (الاستخراج الأولي (Ia)) ، وتتضمن المعادلة السابقة متغير واحد هو الأمطار، ومقياس واحد (One Parameter) هو (s) ، ويرتبط (s) برقم المنحنى (N)، حيث يتم حساب (s) من خلال المعادلة التالية :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

ويمكن حساب الفاقد الأولي (Ia) من خلال المعادلة التالية :

Ia = 0.2S

ج. معامل الجريان السطحي السنوي ((Annual Runoff Coefficient (K) : يمكن استخدام المعادلة التالية لحساب معامل الجريان السطحي السنوي:

$$k = \frac{\text{Yearly (Seasonal) Total Runoff (mm)}}{\text{Yearly (Seasonal) Total Runfall (mm)}}$$

(Pilgrim, et al.1975,1993)

سابعا: تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر واختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي:

اعتمد الباحث في تقييم احتمالية الحصاد المائي على الخرائط الموضوعية (Thematic Maps) والتي أعدت باستخدام تقنيتي (GIS & RS)، حيث تم تصنيفها وتحويلها إلى خرائط متسامته (Raster Layers) ليصاربعد ذلك الى تحديد مدى ملائمة منطقة الدراسة لإقامة مشاريع الحصاد المائي بعد وزن هذه الخرائط لتحقيق أهداف الدراسة، وفي النهاية الحصول على الخرائط النهائية لمواقع مشاريع الحصاد المائي (السدود والحفائر) ، كما اعتمد الباحث من اجل التقييم والوصول للقرار المكاني لأنسب المواقع لاقامة مشاريع الحصاد المائي على عملية التسلسل الهرمي التحليلي (Analytic Hierarchy Process) والتي تقوم على :

1- تحديد مشكلة القرار (الهدف) .
2- تحديد مجموعة المعايير التي ستستخدم .
3- وزن المعايير والبدائل التي ستنتج عنها .
4- تطبيق أدوات أو قواعد القرار والتي تعتمد بشكل أساسي على التكامل بين (GIS&R.S) والنماذج الهيدرولوجية.
5- التوصية بالحل الأمثل للمسألة أو المشكلة واتخاذ القرار المكاني ، .(Maguire et al,1991)

وهذا يوصل الى :

- اثبات أو رفض فرضيات الدراسة المشار اليها في الأعلى .
- تحديد قواعد القرار المكاني بشكل علمي دقيق .
- توفير قاعدة بيانات مكانية لمنطقة الدراسة (حوض الجفر) ، حيث يمكن الاستعانة بها في مناطق أخرى محلية أو عالمية .

ثامنا: طريقة تحليل البيانات: (Data Analysis)

كما مر معنا سابقا اعتمد في كثير من الأحيان على المنهج التحليلي والأستقرائي ، اذ تعتبر طريقة تحليل البيانات المكانية الكمية والنوعية أداة مهمة وفاعلة في التعامل مع الكم الهائل من البيانات المكانية الرقمية بالإضافة للخرائط التي تم إعدادها باستخدام تقنيتي (GIS&R.S) من أجل تحقيق أهداف الدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر، حيث تضمنت عملية التحليل الآتي :

1. تحليل البيانات الهيدرولوجية ، المناخية ، تحليل الخرائط الناتجة عنها وتحليل دورها وأهميتها في اتخاذ القرار المكاني .
2. تحليل الخرائط الجيولوجية وخرائط التربة وتصنيفها وتحليل دورها في اتخاذ القرار المكاني .
3. تحليل الخرائط التي تم استخلاصها من المرئيات الفضائية ومن نموذج الارتفاع الأرضي (DEM) والتي تمثل خرائط استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي، والخرائط التي تمثل الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة.
4. تحليل الخرائط المرتبطة بتقييم احتمالية الحصاد المائي، والمواقع الملائمة لمثل هذه الأنواع من المشاريع .

وأخيرا يمكن الاشاره الى نقطة هامة حيث تم تجاهل بعض المتغيرات او اضافة متغيرات أخرى لأن ظروف الدراسة تطلبت ذلك ، كذلك بسبب عدم توافر البيانات في بعض الأحيان وبما لا يتنافى مع مشكلة وأهداف الدراسة القائمة ،وبناءً على نتائج التحليل تمكن الباحث بشكل علمي باثبات أو رفض الفرضيات التي تم تحديدها .

تاسعا : العمل الميداني (Field Work) :

قام الباحث كخطوة أخيرة في إعداد هذه الدراسة باختيار عدد من المواقع الملائمة جداً والملائمة سواءً المتعلقة بمواقع السدود أو الحفائر، ومن ثم التأكد ميدانياً من دقة الاختيار وأهمية نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، والاستشعار عن بعد (R.S) كأدوات فاعلة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر وبالتالي مطابقة النتائج التي تم التوصل اليها باستخدام (GIS&R.S) على أرض الواقع .

10:1 تنظيم الدراسة :

يمكن تقسيم الدراسة الى سبعة فصول على النحو التالي :

الفصل الاول : يمثل هذا الفصل الاطار العام للدراسة والذي يتضمن مشكلة الدراسة ،أهداف الدراسة، تساؤلات الدراسة ، فرضيات الدراسة ، أهمية الدراسة ومبرراتها ، الدراسات السابقة و مراجعة الأدب النظري و منهجية الدراسه.

الفصل الثاني : تناول هذا الفصل الخصائص الطبيعية والبشرية لمنطقة الدراسة من حيث موقع منطقة الدراسة ، المناخ ، الجيولوجيا ، التربة ، الغطاء النباتي والخصائص السكانية والعمرانية.

الفصل الثالث : تناول هذا الفصل جيومورفولوجية حوض الجفر من حيث الطبوغرافيا ، الخصائص المورفومترية ، الخصائص المساحية والشكلية ، الخصائص التضاريسية ، الخصائص الانحدارية ، خصائص الشبكة المائية و الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة .

الفصل الرابع : قام الباحث في الفصل الرابع بتطبيق معادلة (TM) لحساب الموازنة المائية.

الفصل الخامس : يقوم الفصل الخامس على تقدير الجريان السطحي في حوض الجفر باستخدام طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS-CN) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS).

الفصل السادس : تناول هذا الفصل الحصاد المائي من حيث ماهية الحصاد المائي الاعتبارات البيئية التي يجب مراعاتها عند اختيار موقع مشروع الحصاد المائي ، خصائص الأودية في حوض الجفر ومدى ملائمتها للحصاد المائي،تأثير التغير المناخي على الجريان السطحي ،طرق الحصاد المائي بالاضافة لفوائد الحصاد المائي .

الفصل السابع : يتضمن هذا الفصل تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS) بالاضافة لمناقشة النتائج و التوصيات .

الفصل الثاني

الخصائص الطبيعية والبشرية لحوض الجفر

1:2موقع منطقة الدراسة

2:2جيولوجية منطقة الدراسة

3:2التربة في منطقة الدراسة

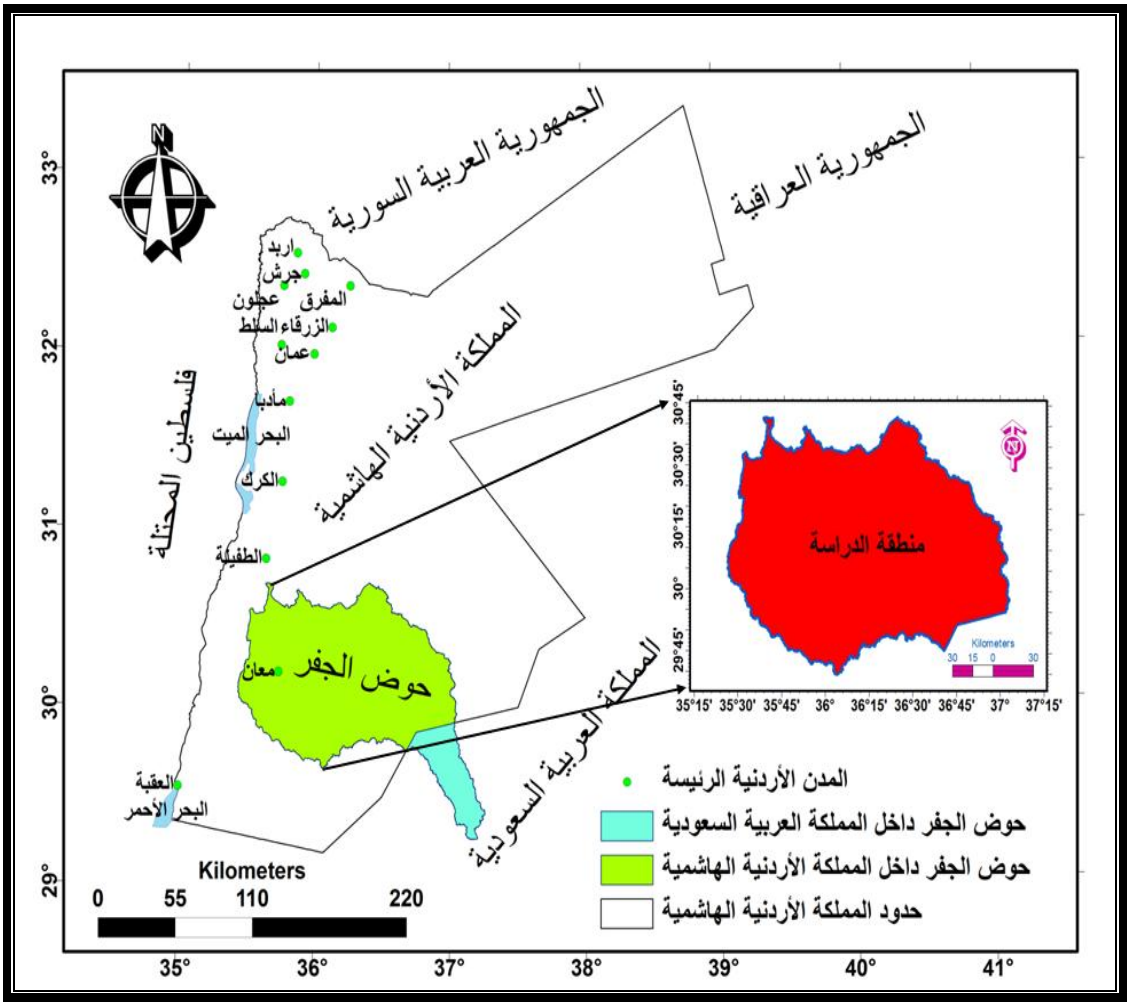
4:2 مناخ منطقة الدراسة

5:2الغطاء النباتي في منطقة الدراسة

6:2الخصائص السكانية والعمرانية في منطقة الدراسة

1:2 موقع منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة (حوض الجفر السطحي) داخل الأردن في الجزء الجنوبي الشرقي من المملكة الأردنية الهاشمية بين خطي طول ´´56´25°35 و ´´21´03°37 شرقا، وبين دائرتي عرض´´34´39°29 و ´´49´41°30 شمالا ، الشكل (2).



الشكل (2) موقع منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث)

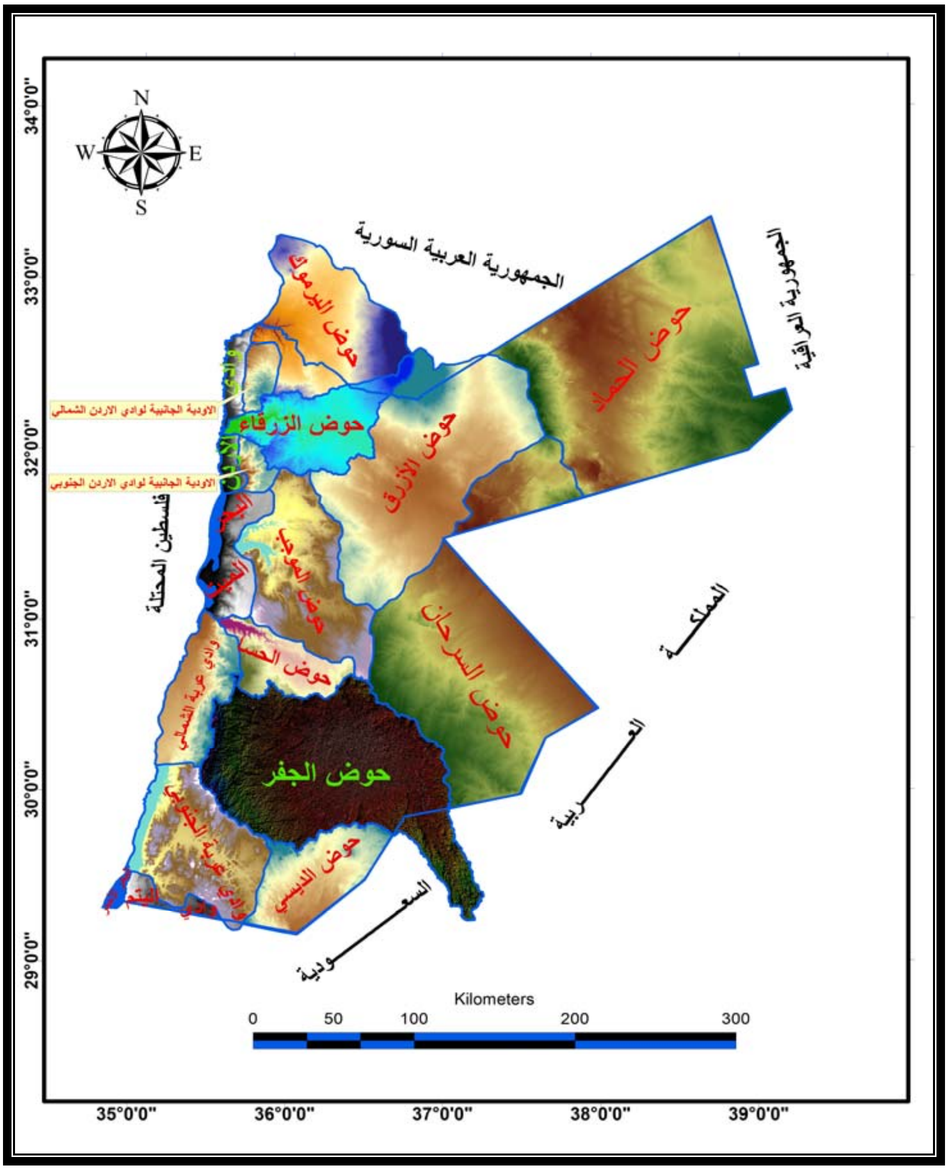
وتشكل مساحة منطقة الدراسة 12045كم2 بنسبة 13.52% من مساحة المملكة الأردنية الهاشمية حيث تعتبر جزءا من حوض الجفر،و تشكل حوالي 86% من مساحته الكلية، ويتراوح منسوب الارتفاع في منطقة الدراسة ما بين 795م إلى الجنوب من مناجم الشيدية و1727م فوق مستوى سطح البحر في المرتفعات الغربية في جبل المبرك شمال غرب جبل النويقة . كما تعتبر منطقة الدراسة جزءا من محافظة معان حيث تشكل 36.3% من مساحتها، باستثناء منطقة جبل العطاعطة والتي تتبع محافظة الطفيلة ، وتتخذ منطقة الدراسة شكلا شبه بيضوي، يبلغ أقصى امتداد له من الشرق إلى الغرب 155كم، في حين يبلغ أقصى امتداد لمنطقة الدراسة من الشمال

إلى الجنوب 106كم . وتبتعد المرتفعات الغربية في منطقة الدراسة عن الساحل الجنوبي الشرقي للبحر المتوسط مسافة 155كم ، حيث تشكل تلك المرتفعات حائطا عاليا يفصل منطقة الدراسة عن وادي عربة الشمالي ، كما تبتعد منطقة الدراسة مسافة 72.5كم عن البحر الأحمر حيث يفصل رأس النقب بين حوض الجفر ووادي عربة .

1:1:2 حوض الجفر السطحي:

يقع حوض الجفر السطحي في الجزء الجنوبي الشرقي من المملكة الأردنية الهاشمية كجزء من الصحراء الأردنية الجنوبية ، وتتقاسم كلا من الأردن والسعودية الحوض، حيث يمتد داخل الحدود السعودية لمسافة 79.42كم على شكل ذراع باتجاه جنوبي شرقي من الحدود الأردنية السعودية نحو داخل المملكة السعودية .

ويقع حوض الجفر السطحي بين خطي طول ´´56´25°35 و ´´40´15°37 شرقا، وبين دائرتي عرض´´38´15°29 و ´´49´41°30 شمالا .وتبلغ مساحته الكلية 13608.4كم2، تشكل المساحة الواقعة داخل الحدود الأردنية 86% منها . ويمتد حوض الجفر في الجزء الشمالي منه على طول حوضي الموجب والحسا مسافة 15.73كم و135.9كم على التوالي، ويتاخم حوض السرحان في الجزء الشمالي الشرقي ويمتد على طوله داخل الأردن مسافة 159.8كم داخل الحدود الأردنية ومسافة 81.3كم داخل الحدود السعودية . ويمتد مشكلا حائطا على طول حوض وادي عربة الشمالي في الجزء الغربي مسافة 103.5كم ، ومسافة 78.7كم مع امتداد حوض وادي عربة الجنوبي في الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي . كما يمتد مسافة 145.1كم على طول حوض الديسة في الجزء الجنوبي داخل الأردن ، ومسافة 82.3كم على طول حوض الديسة داخل الحدود السعودية في الجزء الجنوبي الشرقي . أما في أقصى الشرق و الجنوب الشرقي يطل حوض الجفر على الصحراء الغربية السعودية ويمتد مسافة 64.1كم بمحاذاتها ، الشكل (3).



الشكل (3) موقع حوض الجفر السطحي

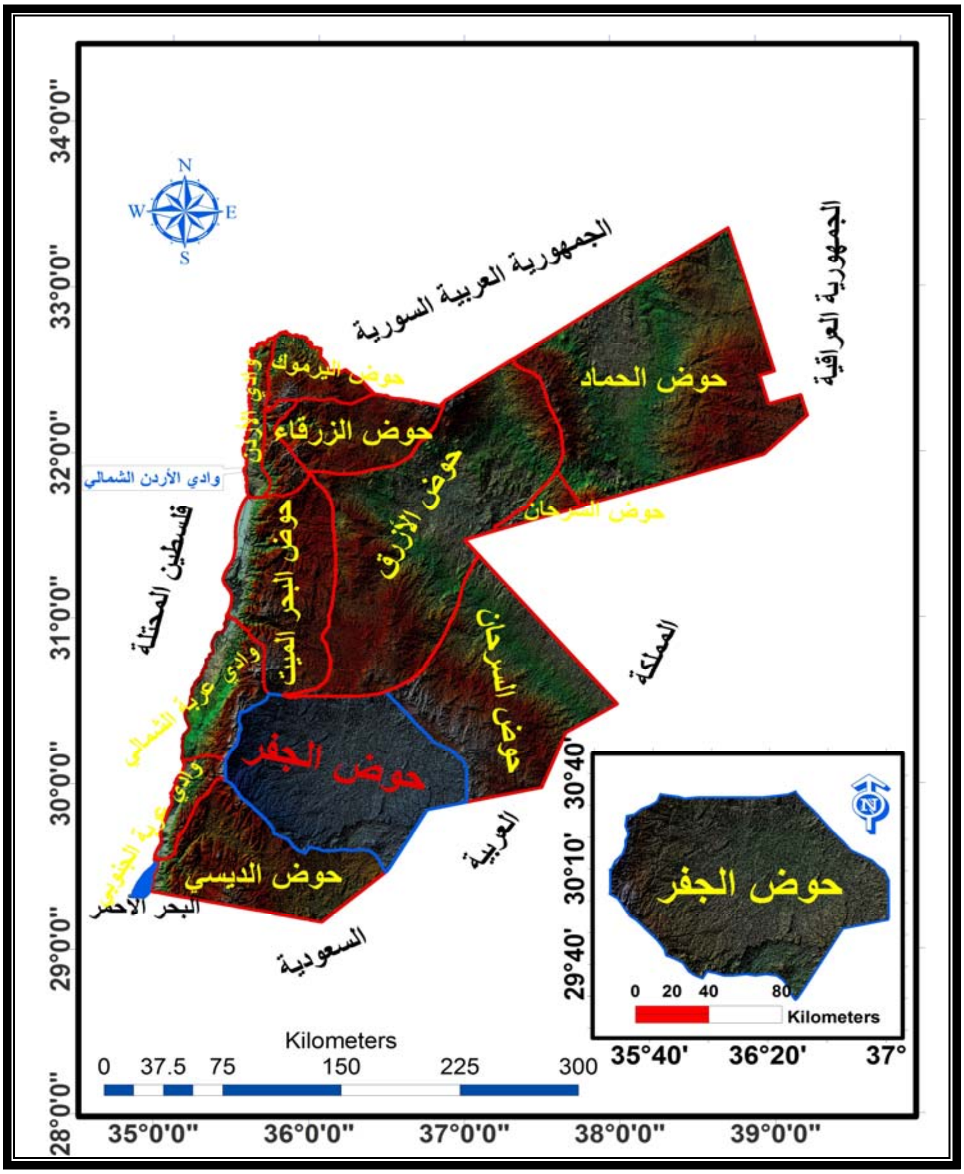
(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

2:1:2 حوض الجفر الجوفي :

تعتبر المياه الجوفية من المصادر المائية الرئيسية في معظم مناطق الأردن ، والمصدر الوحيد للبعض الآخر. وتتوزع المياه الجوفية في الأردن في 12 حوضا، حيث يعتبرحوض الجفر الجوفي جزءا رئيسيا منها، حيث يمتد في أقصى الجنوب الشرقي من الأردن .

ويقع حوض الجفر الجوفي بين خطي طول ´´35°25´53 و ´´37°00´39 شرقا، وبين دائرتي عرض´´29°29´24 و ´´30°34´56 شمالا داخل الأردن ، ويبلغ أقصى امتداد للحوض من الشمال إلى الجنوب 120.30كم، ومن الشرق إلى الغرب 153.03كم، حيث يعتبر جزءا من البادية الأردنية الجنوبية. ويتاخم حوض الجفر الجوفي أحواض جوفية رئيسة في

الأردن هي الأزرق، البحر الميت، وادي عربة الشمالي، وادي عربة الجنوبي، الديسي و السرحان، بالإضافة إلى امتداده مع الحدود السعودية، الشكل (4).



الشكل (4) موقع حوض الجفر الجوفي

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري و (DEM))

ويمتد كلا من حوض الأزرق و حوض البحر الميت مسافة 66.6كم و11.8كم على التوالي على طول الأجزاء الشمالية من حوض الجفر الجوفي . كما يمتد حوض السرحان مسافة 94.2كم على طول الأجزاء الشمالية الشرقية من حوض الجفر، ويمتد مسافة 71كم على طول الحدود السعودية، أما في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية فيمتد مسافة 137.2كم على طول حوض الديسي، كما نجده متاخما لحوضي وادي عربة الشمالي ووادي عربة الجنوبي والذي يمتد على طوليهما مسافة 56.9كم و14.6كم على التوالي .

2:2 جيولوجية حوض الجفر السطحي :

يمكن تقسيم الزمن الجيولوجي في الأردن بشكل عام الى أربعة أحقاب زمنية، (حسن، وآخرون، 1990):

1.حقب الحياة القديمة (Paleozoic).

2. حقب الحياة الوسطى (Mesozoic) .

3. حقب الحياة القديمة (Cainozoic) ويمكن تقسيمه الى عصرين هما:

أ-العصر الثلاثي (Tertiary) .

ب- العصر الرباعي (Quaternary)

1:2:2 حقب الحياة القديمة (Paleozoic) :

تنتشر حقب الحياة القديمة في جنوب الأردن وجنوب شرق رأس النقب، وعلى الجانب الشرقي لوادي عربة بشكل عدم متوافق (Unconformtable) فوق صخور البريكامبري النارية والمتحولة ،حيث تغلب على صخور هذه الحقبة الصخور الرملية في جنوب الأردن ، (عابد، 1982).

2:2:2 حقب الحياة المتوسطة (Mesozoic):

تقسم هذه الحقب الى ثلاثة عصور من الاقدم الى الاحدث هي:

- العصر الترياسي (Triassic)
- العصر الجوراسي (Jurassic)
- العصر الكريتاسي (Cretaceous)

وتغطي صخور هذه الحقب مساحة واسعة من الأردن وخاصة الاجزاء الغربية ، (عابد، 1982). ولن يتم تناول العصرين الترياسي والجوراسي لعدم وجود تراكيب جيولوجية يعود أصلها الى هذين العصرين في حوض الجفر، حيث سيتم تناول العصر الكريتاسي بشيء من التفصيل لانتشار تراكيب جيولوجية يعود أصلها الى هذا العصر ضمن منطقة الدراسة.

- العصر الكريتاسي (Certaceous):

يتكون هذا العصر من طورين من الرسوبيات يختلفان تمام الاختلاف عن الطور الأسفل او ما يعرف بالكريتاسي الأسفل ويتكون اساسا من الصخور الرملية، والطور الثاني ويعرف بالكريتاسي العلوي ويتكون اساسا من الصخور الجيرية،(عابد، 1982) .

1-العصر الكريتاسي السفلي (Lower Certaceous) ويتمثل في نوعين من الصخور:

أ.الكريتاسي السفلي: ويتكون من الحجر الرملي الأبيض الكتلي (White Massive Sandston) .

ب. الكريتاسي العلوي: ويتكون من الحجر الرملي متعدد الألوان (Varicloured Sandston)

2- العصر الكريتاسي الأعلى (Upper Certacous): وتقسم صخور هذا العصر إلى:

أ. مجموعة عجلون (Ajlun Group) : وتضم هذه المجموعة ، تكوين ناعور (A1-2)، تكوين الفحيص (A3)، تكوين الحمر (A4) وتكوين وادي شعيب (A5/A6) ، تكوين وادي السير (A7) ،الجدول رقم (4).

3:2:2 حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic):

تقسم هذه الحقبة في العادة الى عصرين :

1- العصر الثلاثي (Tertiary) ويشمل تكوين رجام (Rijam Formation)، وحدة الحجر الصوانية ، تكوين الكونجلوميرات السفلي و تكوين اصدم (Usdom Formation) .

2- العصر الرباعي (Quaternary) ويشمل تكوين الشاغور (Shagur Formation)، تكوين غور الكتار (Ghor El- Katar Formation) ، تكوين كونجلوميرات ابوهابيل الجيرية ، تكوين كفرنجة ، تكوين السمرة و تكوين اللسان و الرسوبات الحديثة.

الجدول (4) التقسيمات الجيولوجية لمجموعتي عجلون والبلقاء من عدة مصادر

		برنامج المسح الجيولوجي		مجموعه	بازكر 1970	بندر 1974	مكدوناله 1963	المصري 1960
B4		عضو	تكوين ام رجام		رجام	صوان طباشير	صوان طباشير A4	
B3			الموقر		الموقر	مارل طباشير	مارل طباشير B3	الموقر
B2	b	قطرانه / بهية / سلطاني	الحسا	البلقاء	عمان	القوسقات الصوان	وحدة B2B القوسقات	عمان
	a	المترمل	عمان				وحدة الصوان B2A	
B1		ذيبان الطفيلة / الموجب	وادي ام غدران		وادي غدران	الصوان	الصوان مارل طباشير B1	
A7			وادي السير	عجلون	وادي السير	حجر جيري كتلي	وحدة الحجر الجيري A7	وادي السير
A3-6	A5-6 / A4 / A3	F/H/S جنوب الوالة	وادي شعيب / الحمر / الفحيص		وادي شعيب / الحمر / الفحيص	حجر جيري اكتودي / حجر جيري عقيدي	حجر رملي غضار مارل A3-A6	وادي شعيب / الحمر / الفحيص
A1-2			ناعور		ناعور		حجر جيري مارل A1-2	ناعور
			مجموعة الكرتب	الكرتب	الصبيحي / العارضة ؛ مجموعة الكرتب	ملون / كتلي ابيض	مجموعة الكرتب	البقعة

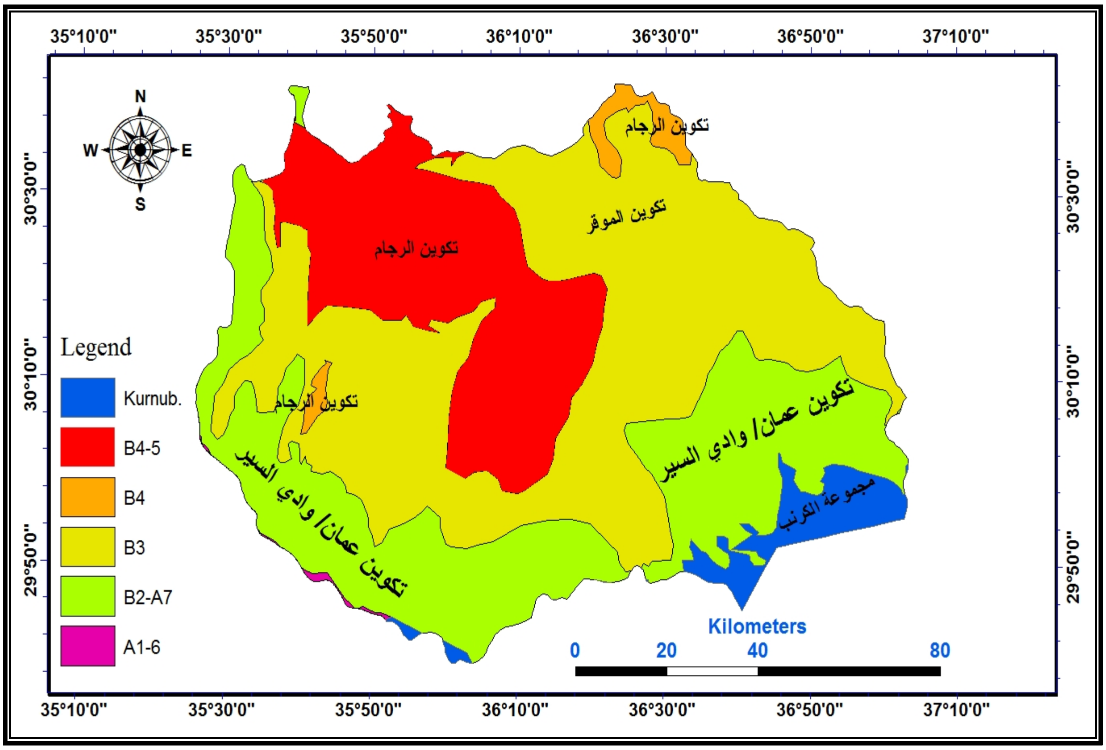
(المصدر: عابد،2000)

ب. مجموعة البلقاء: (Balqa Group) وتشمل: تكوين الموقر (B3)، تكوين عمان (B2)، الجدول (4) ، (عابد، 2000).

3: 3:2 التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة:

1:3:2 مجموعة الكرنب: (Kurnub Group) :

ينتشر هذا التكوين في الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة ويتركز بشكل أكبر في اقصى الجنوب الشرقي جنوب مناجم فوسفات الشيدية، وتبلغ مساحة المنطقة التي يغطيها 4% من مساحة منطقة الدراسة ، الشكل (5) . وتبدو تراكيب الكرنب متكشفة على طول جرف رأس النقب – بطن الغول والى الشرق من ذلك، وفي مواقع كثيرة جنوب ذلك الجرف ، كما تنتشر بعض التكشفات المنعزلة في الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة، حيث تصبح عملية التمييز بين مجموعتي الكرنب وعجلون ليست سهلة لأن كليهما يصبح رمليا، وينتمي هذا التركيب الى حقبة الحياة المتوسطة والتي تتكون من وحدتين رمليتين واضحتين هما وحدة رملية بيضاء كتلية في الأسفل ووحدة رملية متعددة الألوان في الأعلى كما حددها(بندر ،1968،1974)، وهذا الوصف جيد من مأدبا نحو الجنوب حتى اقصى الجنوب الشرقي من حوض الجفر، غير أن الصورة تختلف في الشمال اذ يدخل على مجموعة الكرنب عدة مستويات بحرية مكونة من الدولمايت، الحجر الجيري والفلوكونيت وغيرها ، حيث تتعاقب مع الصخور الرملية المكونة للكرنب ، (عابد، 2000).



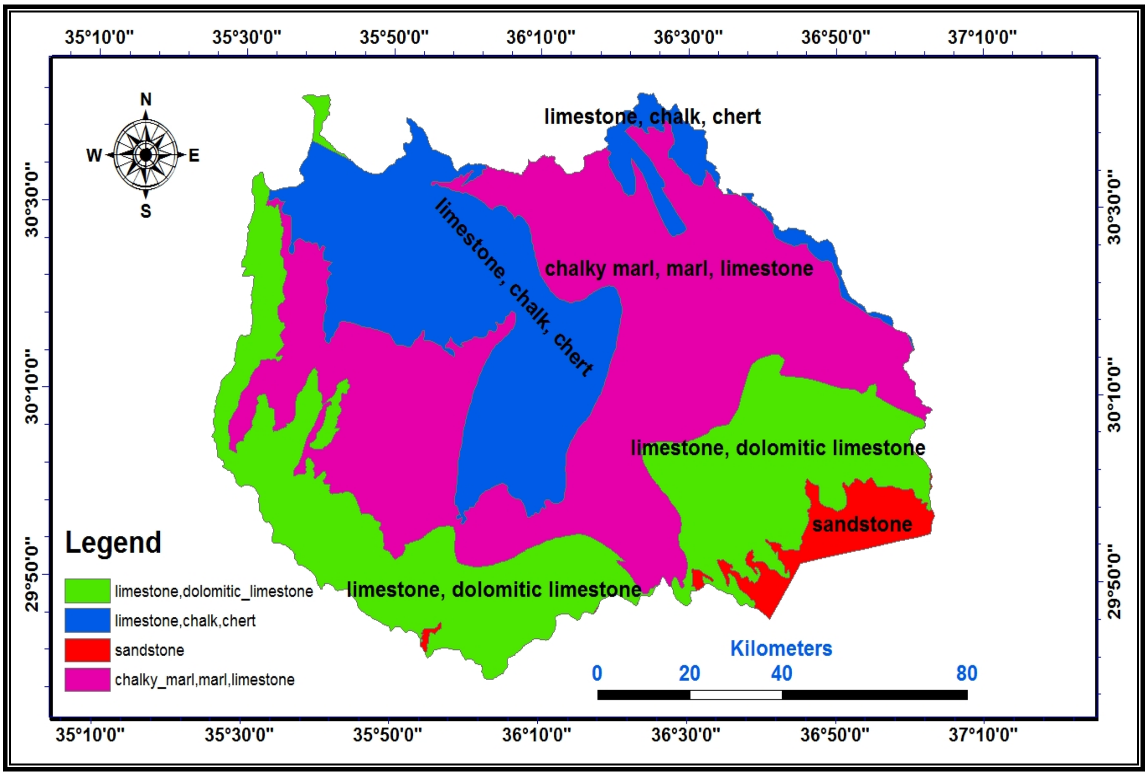
الشكل (5) جيولوجية منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على مجموعة من الخرائط الجيولوجية (مقاييس مختلفة))

2:3:2 تكوين عمان / وادي السير (Amman / Wadi Sir Formation) :

ينتشر هذا التكوين في المرتفعات الغربية، والجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة حيث يعود هذا التكوين الى العصر الكريتاسي الأعلى ويتألف من مجموعة صخرية يسهل تميزها في منطقة الدراسة، الشكل (5).

وترتفع نسبة الدولمايت، والحجر الكلسي في هذا التكوين في جنوب الاردن، التي تقع ضمنها منطقة الدراسة، الشكل (6).



الشكل (6) النسيج الصخري في منطقة الدراسة

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد مجموعة من الخرائط الجيولوجية (مقاييس مختلفة)

ففي منطقة دلاغة مثلا الواقعة شمال غرب رأس النقب يمكن القول أن النصف السفلي من تكوين وادي السير يحوي نسبة واضحة من الحجر الكلسي، وتزداد هذه النسبة نحو رأس النقب، إذ يمكن رؤية الحجر الكلسي ذي التطبق المتقاطع في هذا التكوين، ثم يسيطر الحجر الكلسي على هذا التكوين شرقا و خاصة في منطقة بطن الغول ومايجاورها شرقاً وغربا الجدول، (3). أما في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية فإن سمك هذا التكوين يقل كثيرا، ثم يختفي كليا في محدب وادي العرفة في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة ،(عابد، 2000).

ويختلف سمك التكوين في مناطق الأردن المختلفة حيث يبلغ 120 م في شمال الأردن، و 80-90م في منطقة عمان، ويزداد السمك الى 145 م في وادي الموجب، ثم يتناقص جنوبا في

منطقة الدراسة حيث يبلغ 62 م في رأس النقب . وتشكل مساحة هذا التكوين 29.39% من مساحة حوض الجفر.

3:3:2 تكوين عمان (Amman Formation) :

ينتشر هذا التكوين في الأجزاء الغربية والجنوبية من منطقة الدراسة ويتشكل هذا التكوين من:

1- وحدة الفوسفورايت (Phosphorite Unit):

تشكل هذه الوحدة الجزء العلوي من تكوين عمان ، حيث تقع هذه الوحدة فوق وحدة الجير السيلسية وهي تعادل (B2b) وتنخفض في هذه الوحدة نسبة الصوان وتزداد على حسابها الصخور الفوسفاتيه وتشكل هذه الوحدة حزاما ترسيباً يمتد من الرصيفه شمالا وحتى الشيديه (30 كم جنوب شرق معان) ضمن حوض الجفر .

2- الوحدة الجيرية السيلسية (Silicified Limestone Unit):

تشكل هذه الوحدة الجزء السفلي من تكوين عمان والتي ترتفع فيها نسبة الصوان والتي قد تصل الى (2 م) في مناطق مثل الرصيفة وعمان ويصل الى (5 م) في كلا من القطرانة والموجب وهي تعادل (B2 a) ، ويعرف حدها الأسفل بوجود طبقات الصوان فوق صخور الحجر الكلسي الكتلي بنسب متفاوتة ، وبالرغم من ذلك يسود الصوان في بعض المناطق وفي مناطق أخرى يكون الحجر الرملي هو السائد ، (عابد، 1982).

كما يشير (عابد، 2000) الى أن مستوى الصوان الممثل لتكوين عمان في رأس جرف بطن الغول لا يزيد سمكها عن 25م ، ولايزيد عن 6م شرقي الشيدية كذلك الحال في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض الجفر في منطقة وادي العرفه، وهي كذلك في زقيمات الحصاة جنوب باير . و هذا يعني أن السمك يتناقص على نحو كبير جنوب وجنوب شرق الأردن .

4:3:2 تكوين الموقر (Muwaqqer Formation) :

ينتشر هذا التكوين بشكل واسع في حوض الجفر باستثناء المرتفعات الغربية والاجزاء الجنوبية منه ، وتشكل مساحة هذا التكوين 43.8% من مساحة منطقة الدراسة ، الشكل (5). كما تشكل هذه الصخور أحدث صخور حقبة الميزوزويك فهي تعلو طبقة الفوسفارايت بانقطاع ليثولوجي واضح . ويتمثل هذا الانقطاع في اختفاء صخور الصوان والفوسفورايت لتظهر صخور

المارل والطباشير ذات اللون الأصفر والرمادي المائل للأخضر او الزهري الفاتح ، الشكل (6)، والتي قد تظهر على شكل طبقات رقيقة من الصوان أو الجبص مع العقد الجيرية الضخمة . وتصل سماكة هذا التكوين في بعض أجزاء حوض الجفر حوالي 450 م ، وفي كثير من مناطق الاردن فإن صخور هذا التكوين ذات لون أسود غامق وهو ما ندعوه محليا بالصخور الزيتية (Oil Shale) والتي لا تعدو ان تكون حجر جيري بتوميني (Bitumionus Limestones).

5:3:2 تكوين الرجام (Rigam Formation) :

ينتشر هذا التكوين بشكل واسع في الأجزاء الشمالية والوسطى من منطقة الدراسة ، وتشكل نسبة هذا التكوين 22.81% من مساحة منطقة الدراسة ، الشكل (5) . وينتمي هذا التكوين الى العصر الثلاثي (Tertiary) من حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic) ويعلو هذا التكوين الوحدة الطباشيرية المارلية التي تتميز بانقطاع واضح حيث تبدأ طبقات من الصوان بالظهور وتتعاقب طبقات رقيقة من الصوان مع الحجر الجيري . ولكن غالبا ما يكون الطباشير او الحجر الجيري المارلي هو السائد وهذا ما يلاحظ في الأجزاء العليا من التكوين، ففي كثير من المناطق يظهر الحجر الجيري النميوليتي مشكلا الجزء العلوي حيث لا يعتبر من السهولة بمكان التمييز بينهما إلا في بعض المناطق مثل منطقة غرندل قرب معان حيث ترسبت سماكات الحجر الجيري النميوليتي ،وفي بعض المناطق الغربية مثل الخرزة والشوبك حيث ينتهي تكوين الرجام علويا وفوقه تعاقب سميك جدا من رواهص ضانا (تكوين ضانا) الذي لا يمكن ان يخطئ من يراه في تحديد الحد الفاصل بينهما . ويتفاوت سمك هذا التكوين من منطقة لاخرى في الأردن حيث يصل سمكة في اربد حوالي220 م، وفي جبل أم رجام شمال معان اكثر من 40 م، وحول معان 65 م وفي جبل ثليثوات باير أكثر من 60م. (عابد، 2000).

4:2 التراكيب الجيولوجية في منطقة الدراسة:

1:4:2 الصدوع: (Faults)

يمكن ان نميز أربعة صدوع رئيسية في منطقة الدراسة بالاعتماد على تطورها التركيبي (Evolution) ، نوع التشوهات (Deformation) والنمط (Pattern).

1- التصدعات العمودية النافذة من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي.

2- التصدعات ذات الاتجاه غرب – شرق

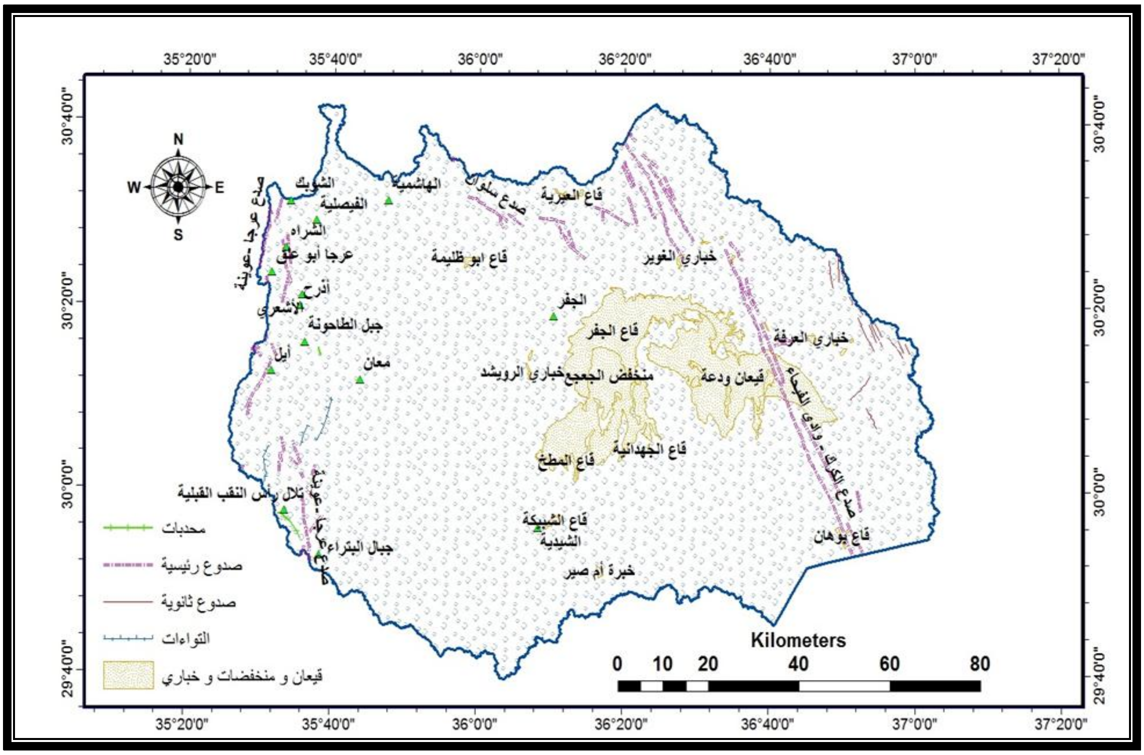
3- الصدوع النافذة باتجاه شمال- جنوب.

1:1:4:2 التصدعات العمودية النافذة من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي :

وهي عبارة عن صدوع عادية (Normal) ومن أمثلتها في حوض الجفر تصدع الكرك - وادي الفيحاء، والذي يمتد لأكثر من 300 كم من الكرك في الشمال الغربي الى داخل الحدود السعودية في الجنوب الشرقي، ويمتاز هذا الصدع بعدم استمراره على طول مسافة امتداده ولكنه يكون على شكل صدوع متسلسلة غير متصلة، وتوجد فيها بعض الاندفاعات البازلتية ، ويتلاشى هذا التصدع تدريجيا كلما اتجهنا باتجاه الجنوب الشرقي حتى يتلاشى تماما في النهاية، الشكل (7).

2:1:4:2 الصدوع النافذه باتجاه غرب – شرق:

ويتضح هذا النوع من التصدعات في الجزء الشمالي الغربي من حوض الجفر ومثال هذه التصدعات تصدع سلوان (Selwan) والذي يقطع الجزء الشمالي من حوض الجفر من الغرب الى الشرق، الشكل (7). وعلى الرغم أن نطاق تصدع سلوان يمتد على مساحة واسعة ولكنه لا يعتبر كتركيب مستمر حيث يتقاطع بشكل متكرر مع بعض التصدعات ذات الاتجاه الشمالي – الجنوبي . ويظهرهذا التصدع بشكل واضح إلى الشمال من الشوبك ولكنه يختفي شمال الحسينية، وتبدو البنيات الخطية مستمرة حتى قطاع بايرعابرة بذلك نطاق تصدع الكرك – ووادي الفيحاء. وتبلغ اقصى ازاحة عامودية تم تحديدها 200م والتي يكون عندها عمق امتداد حوض الجفر اكثر من 500م،(JICA, 1990).



الشكل (7) التراكيب الجيولوجية في منطقة الدراسة

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد خريطة التراكيب الجيولوجية (1:650000)

3:1:4:2 التصدعات النافذة باتجاه شمال – جنوب إلى شمال - غرب:

ومن أمثلة هذه التصدعات في منطقة الدراسة تصدعات عرجا – عوينة والذي يمتد في الجزء الغربي من منطقة الدراسة. والتي تمتد من جبال البتراء جنوبا إلى الشوبك شمالا. كما تنتشر العديد من التصدعات المتقطعة في الاجزاء الشرقية من منطقة الدراسة ما بين الجزء الجنوبي من جبال الخشابية حتى شرق جبال العاذريات عند منابع وادي العرفة، الشكل (7).

2:4:2 المحدبات:

1- محدب رأس النقب : يتجه هذا المحدب من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي .

3- محدب جبل الطاحونه : يقع هذا المحدب على بعد 9 كم شمال غرب معان ويبلغ طوله 1.5 كم وعرضه 200-300م ، حيث تميل الطبقات على جانبيه بمقدار 65 درجة،وهناك محدب آخر مشابه له في منطقة أذرح .

3:4:2 منخفض الجفر و القيعان:

يعتبر منخفض الجفر من المظاهر الجيولوجية الغالبة في حوض الجفر والتي يمكن اعتبارها المظهر الجيولوجي الرئيسي . ويمتد هذا المنخفض باتجاه الازرق لمسافة 218 كم في اتجاه شمال غرب الى جنوب شرق، و105كم في الاتجاه العمودي، وتبلغ مساحة الحوض الكلية 13608.4 كم2، وتشكل المساحة الواقعة داخل حدود الأردن 12045كم2، وداخل الحدود السعودية 1563.22كم2 .

ويمكن تحديد القيعان التي تنتشر ضمن حوض الجفر على النحو الآتي :

1- قاع الجفر: وصفت منطقة قاع الجفر على أنها بحيرة كبيرة وصل اتساعها من 1000 -1800 كم2، الشكل (7) . وقد رسبت هذه البحيرة الحجر الجيري والمارل بسمك 25م في وسطها ليغطي قرابة 400 كم2، بينما يبلغ سمك الرسوبيات في الطرف الشمالي الغربي حوالي 13 م حيث يتكون من المارل الأخضر، الغرين ، المارل الابيض والحجر الجيري والتي تعود إلى حقبة الهيلوسين. وتحولت البحيرة الى نصف مالحة حيث ظهرت كمية كبيرة من قواقع المحاريات، ثم غطت القواقع طبقات من الرواهص دلالة على انحسار الكتلة المائية، وقد جفت البحيرة كليا بعد ذلك ، وقد حدد عمر بحيرة الجفر بنظائر الكربون 14 على عينة واحدة فكان 27700 $\pm$ 870 سنة من الآن ثم جفت البحيرة عند حوالي 20000، وسادت ظروف الجفاف في منطقة الجفر، (عابد، 2000) . وتبلغ مساحة قاع الجفر 207.3كم2، الشكل (7) ، ويقع على ارتفاع يتراوح من 840-880م فوق مستوى سطح البحر .

2. **قيعان ودعه :** تعود الرسوبيات التي تتكون منها قيعان ودعة الى حقبة الهيلوسين، وتتكون الرسوبيات المكونة لهذه القيعان من المارل ، الحجر الكلسي والحجر الجيري،(عابد، 2000) ،وتبلغ مساحتها 86.7 كم2، وتقع على ارتفاع يتراوح بين 840-880 م فوق مستوى سطح البحر.

3. قاع بوهان : يغلب على هذه المنطقة رواسب الحجر الرملي ، وتعود رواسب هذا الشكل الى حقبة البلايستوسين الأوسط والأعلى، (عابد، 2000) .ويقع هذا الشكل الارضي في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض الجفر على ارتفاع 900 م فوق مستوى سطح البحر وتبلغ مساحته 2.2 كم2 .

4. قيعان الشبيكية : تعود هذه الروسبيات الى حقبة الهيلوسين ،(عابد، 2000) ، حيث تتكون الرسوبيات المكونة لهذا الشكل الارضي من المارل والحجر الكلسي والحجر الجيري ، تبلغ مساحتها 6.7كم^2، وتقع على ارتفاع ما بين 860-900م فوق مستوى سطح البحر،.

5. قيعان المطخ: تتكون الرسوبيات في هذه القيعان من المارل والحجر الكلسي ، وتبلغ مساحة هذه القيعان 5.5 كم2، وتوجد على ارتفاع 860 م فوق مستوى سطح البحر.

6. قاع رجلة سحول ودعة السمراء: تبلغ مساحته 498 م2 ويتكون من المارل والحجر الكلسي وتوجد على ارتفاع 860 م فوق مستوى سطح البحر .

7. قاع محران المناوخ: تبلغ مساحته 1.23كم2، وتتكون الرسوبيات فيه من المارل والحجر الكلسي، ويوجد على ارتفاع 840 م فوق مستوى سطح البحر.

8. قاع السحل: تبلغ مساحته 1.8 كم2، وتتكون الرسوبيات المكونة له من المارل والحجر الكلسي، ويقع على ارتفاع 860 م فوق مستوى سطح البحر.

9. قاع الجهدانية: تبلغ مساحته 712 م2، ويقع على ارتفاع 860 م فوق سطح البحر وتتكون الرسوبيات المكونة له من المارل والحجر الكلسي.

10. قيعان خباري العرفة : تبلغ مساحتها 2.4 كم2، وتقع على ارتفاع 840-880م فوق مستوى سطح البحر .

11. قيعان الغوير: تبلغ مساحتها 2.4 كم2، وتقع على ارتفاع 840 -860 م، فوق مستوى سطح البحر.

12. **قاع العيرية :** تبلع مساحته 3.7 كم2، ويقع على ارتفاع 900م فوق مستوى سطح البحر.

13. قاع ابو ظليمة: تبلغ مساحته 2.7كم2 ويقع على ارتفاع 920 م فوق مستوى سطح البحر.

14. قاع الرويشد: تبلغ مساحته 913م2، ويقع على ارتفاع 860م فوق سطح البحر.

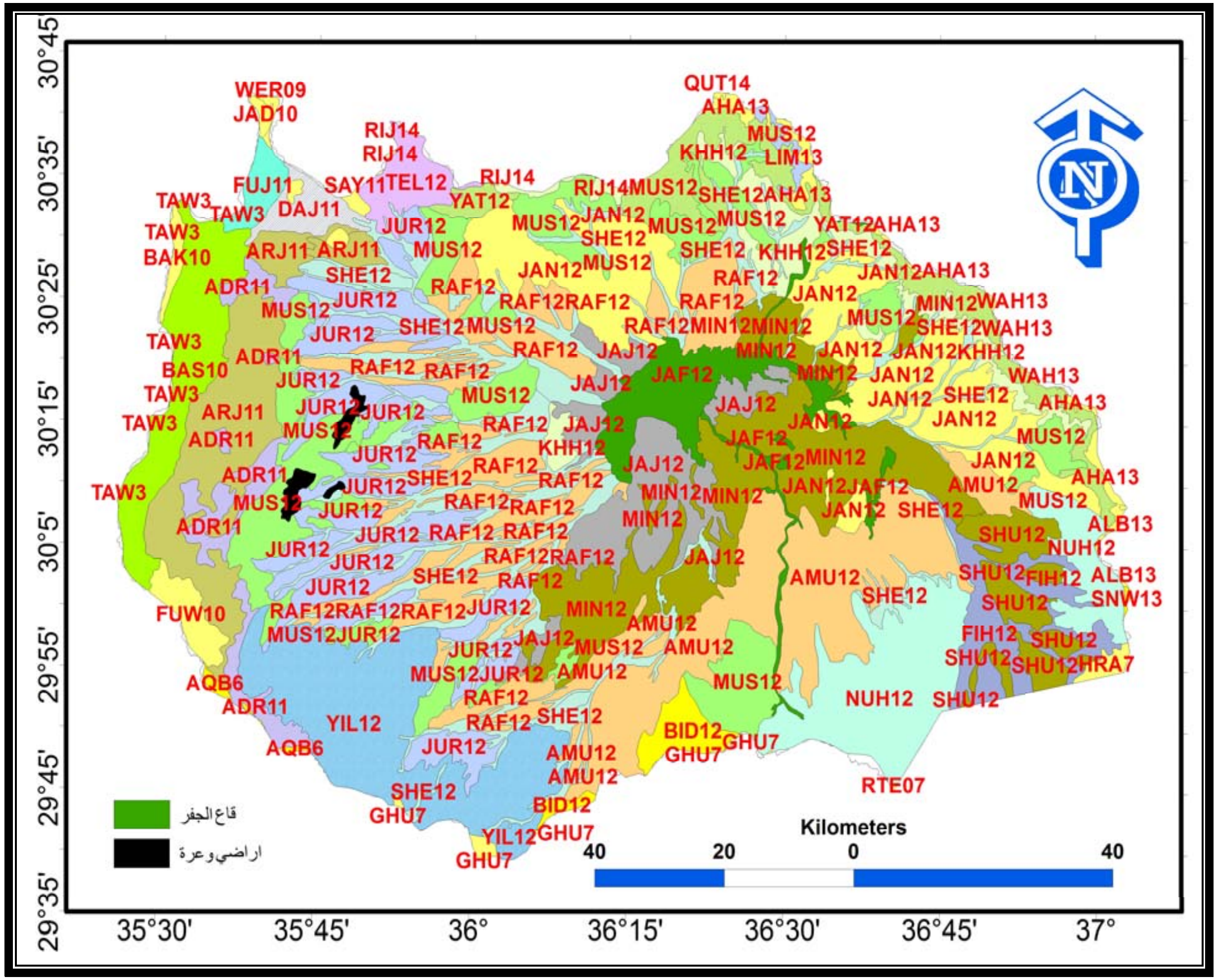
15. قاع أبو طرفة : تبلغ مساحته 1.4 كم2 ويقع على ارتفاع 860م فوق مستوى سطح البحر .

أخيرا يمكن اعتبار الخصائص الجيولوجية ذات أهمية بالغة عند تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر من خلال أثرها المباشر في تحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي ويبدو ذلك في جانبين هما :

- يؤثر التكوين الجيولوجي في مدى الاحتفاظ بالمياه من خلال وجود تكوينات جيولوجية تسمح بنفاذ المياه نحو الأسفل كما هو الحال في التكوينات الجيولوجية الكرنب ، عمان- وادي السير والرجام ، أما تكوين الموقر فيتصف بعدم نفاذيتة للماء للأسفل وبالتالي يعتبر هذا التكوين الأخير هو الأنسب والأكثر ملائمة لانشاء مشاريع الحصاد المائي التخزينية واعتبر الباحث في الدراسة القائمة الخصائص الجيولوجية معيارا له اهمية عند اتخاذ القرار المكاني .
- تؤثر التراكيب الجيولوجية المتعلقة بالصدوع في تقييم احتمالية الحصاد المائي على اعتبار أن انشاء مشارع الحصاد المائي فوق الخطوط الصدعية ليس له قيمة في تجميع المياه بسبب هروبها عبر الشقوق الصدعية ، أما اذا ما تعلق الأمر بالقيعان فنجدها مناطق تجميع للرواسب وهذا ما يقلل العمرالافتراضي لمشاريع الحصاد المائي وبالتالي يرى الباحث ضرورة تحديد مسافة معينة لهذه المشاريع بعيدا عن الشقوق الصدعيه بالاضافة الى اصطياد المياه الجارية قبل وصولها القيعان .

3:2 التربة في منطقة الدراسة :-

يشتمل حوض الجفر على 42 وحدة تربة ، الشكل (8) .



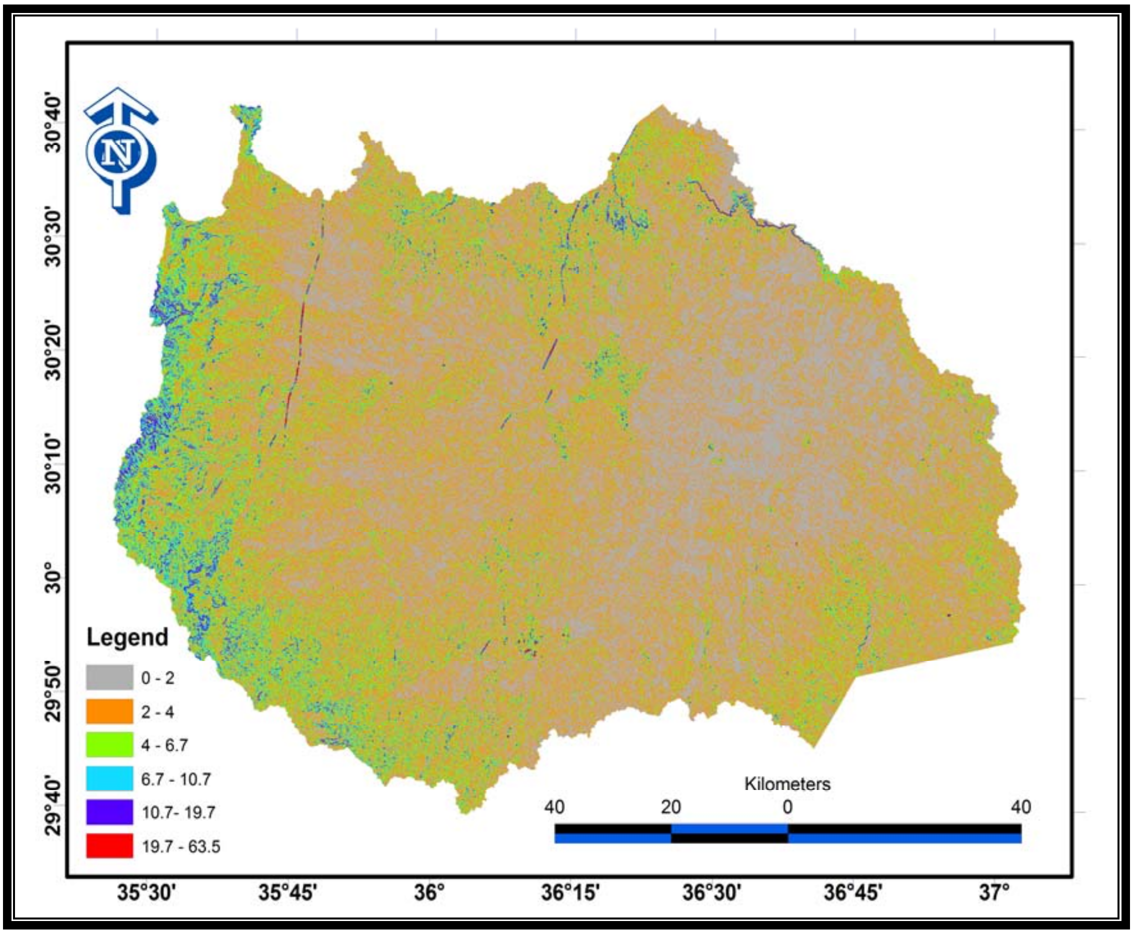
الشكل (8) وحدات التربة في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على خرائط التربة مقياس (1:250000)

أدى وجود العدد الكبير من وحدات التربة في منطقة الدراسة إلى التباين في خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية لهذه الوحدات سواءً من حيث نسيج التربة ، لون التربة ، معامل الحموضة (PH) ، عمق التربة ، السعة الحقلية (Field Capacity) ، نقطة الذبول (Wilting point) ، و تتفاعل مجموعة من العوامل مع بعضها البعض لتؤثر في وحدات التربة السائدة في منطقة الدراسة وتشمل هذه العوامل:-

1.خصائص المناخ في منطقة الدراسة : يغلب على مناخ منطقة الدراسة الجفاف بالإضافة إلى وجود نطاقات ضيقة تتزايد فيها معدلات الأمطار، وتقل فيها معدلات درجات الحرارة وخاصة في الأجزاء الشمالية الغربية و الغربية من منطقة الدراسة.

2. تباين درجات الانحدار والتي تتراوح ما بين (صفر) في بعض المناطق إلى أكثر من 60 درجة في مناطق ضيقة من منطقة الدراسة، الشكل (9).



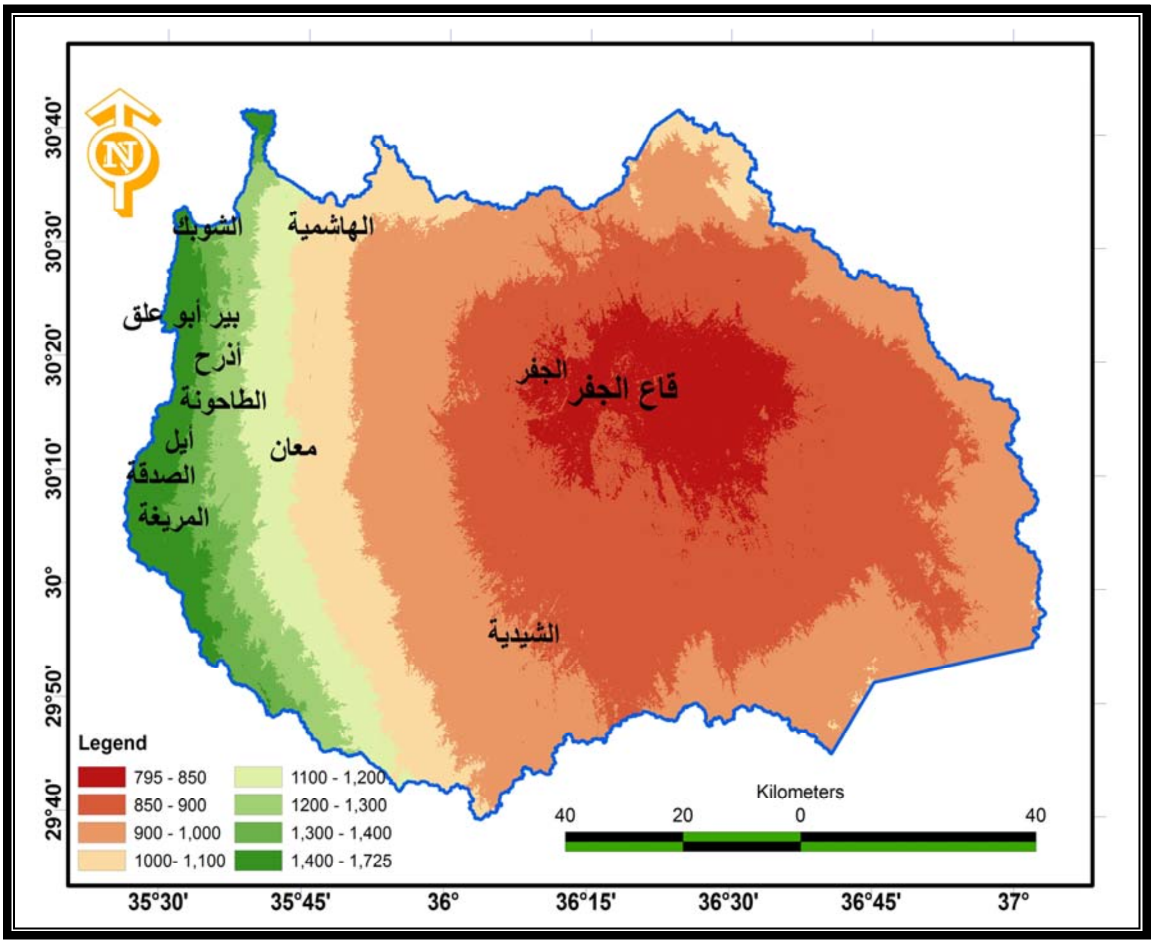
الشكل (9) درجات الانحدار في منطقة الدراسة

(المصدر:عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

3.تباين الارتفاع في منطقة الدراسة والذي يتراوح ما بين 795م في منطقة مناجم الفوسفات و 1727م فوق مستوى سطح البحر في المرتفعات الغربية في جبل المبرك شمال غرب جبل النويقة،الشكل (10).

4. شكل منطقة الدراسة (على شكل حوض) حيث تنتقل الرواسب من جميع الاتجاهات باتجاه القيعان وهذا يشكل عاملاً مهماً في تباين نسيج التربة وعلى مسافات متقاربة ، نظراً لاختلاف التكاوين الجيولوجية في معظم أجزاء منطقة الدراسة.

5. أثر وجود بيئات الترسيب خلال العصور الجيولوجية المختلفة على أنواع الترب التي تنتشر في منطقة الدراسة، حيث تعتبر معظم الترب ترب رسوبية ويبدو أن ذلك من الخصائص الرئيسية للتربة في المناطق الجافة حيث تسود عمليات الترسيب بفعل الرياح أو الفيضانات المفاجئة، أما الترب المتبقية فتوجد فوق الصخور في المناطق الواقعة تحت وطأة عمليات التعرية والتجوية في مناطق السفوح الجبلية شديدة الميل، وعند قمم الجبال والتلال.



الشكل (10) الارتفاع في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

6 . بما أن من أهم خصائص منطقة الدراسة الجفاف وقلة الأمطار لذا فإن عملية التصفية (Leaching) في هذه الترب ضعيفة جدًا أو معدومة مما يجعلها دائماً غنية بالأملاح كما تكون هذه الترب غنية بالجير الذي تساعد الظروف المناخية على تصفيته في القطاعات السفلى من التربة، (شرف ، 1985) . وهذا يثبت ما توصل إليه الباحث بأن لون التربة في معظم أجزاء منطقة الدراسة بني فاتح (Strong Brown) وهي ترب فقيرة نظراً لقلة الرطوبة في قطاعاتها المختلفة وهذا يضعف نشاط التجوية الكيميائية، ويزيد من نشاط التجوية الميكانيكية نظراً لارتفاع معدل درجة الحرارة، وهذا يؤدي في المحصلة إلى إيجاد أنواع من الترب يتكون قطاعها العلوي من طبقة سطحية دقيقة الحبيبات (Fine Layer) من المواد الصخرية، وهذا يجعل الترب على اختلاف أنواعها في منطقة الدراسة لا تجد ما يحميها من فعل الرياح التي تذروها باستمرار.

7. تعتمد التربة في منطقة الدراسة على الاختلافات والتراكيب الجيولوجية (Geological Formation and Variation) والمرتبطة بنوعية الصخر وبيئات الترسيب خلال العصور الجيولوجية المختلفة . كما وجد من خلال الدراسة أن هناك عوامل أخرى تداخلت في تحديد أنواع الترب وخصائصها والتي تم ربطها مع مناخ منطقة الدراسة، والعمليات الجيمورفولوجية كعمليات الحت والتعرية الريحية، وعمليات التجوية والترسيب المائي. وتتباين وحدات التربة في مساحتها ، الجدول (5)، الذي يبين خصائص وحدات التربة ومساحة كل وحدة .

أخيرا يمكن القول أن خصائص التربة في منطقة الدراسة أثرت على الغطاء الأرضي، والجريان المائي السطحي وهذا ما سيتم تناوله بشيء من التفصيل لما له من أهمية عند تقييم احتمالية الحصاد المائي في منطقة الدراسة ، ويمكن دراسة أنواع التربة في حوض الجفر حسب نسيجها على النحو الآتي :

1:3:2 **التربة الرملية (Sandy Soil):**

وجد من خلال المطابقة بين الخريطة الجيولوجية التي أعدت من خلال برنامج المسح الجيولوجي من قبل سلطة المصادر الطبيعية، وحسب تقسيمات بندر 1974، والتي اعتمدت على تقسيمات مكدونالد عام 1963 أن التربة الرملية تطغى على مجموعة الكرنب والتي تظهر على هيئة كثبان رملية متحركة في الأجزاء الجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة والتي غالباً ما تكون على هيئة أكوام من الرمال المنقولة القليلة الارتفاع ، كما أن التربة الرسوبية ترسبت في بيئة نهرية بسبب خلوها من آثار المستحاثات والتراكيب التي تشير إلى وجود بيئة بحرية ، (عابد، 2000).

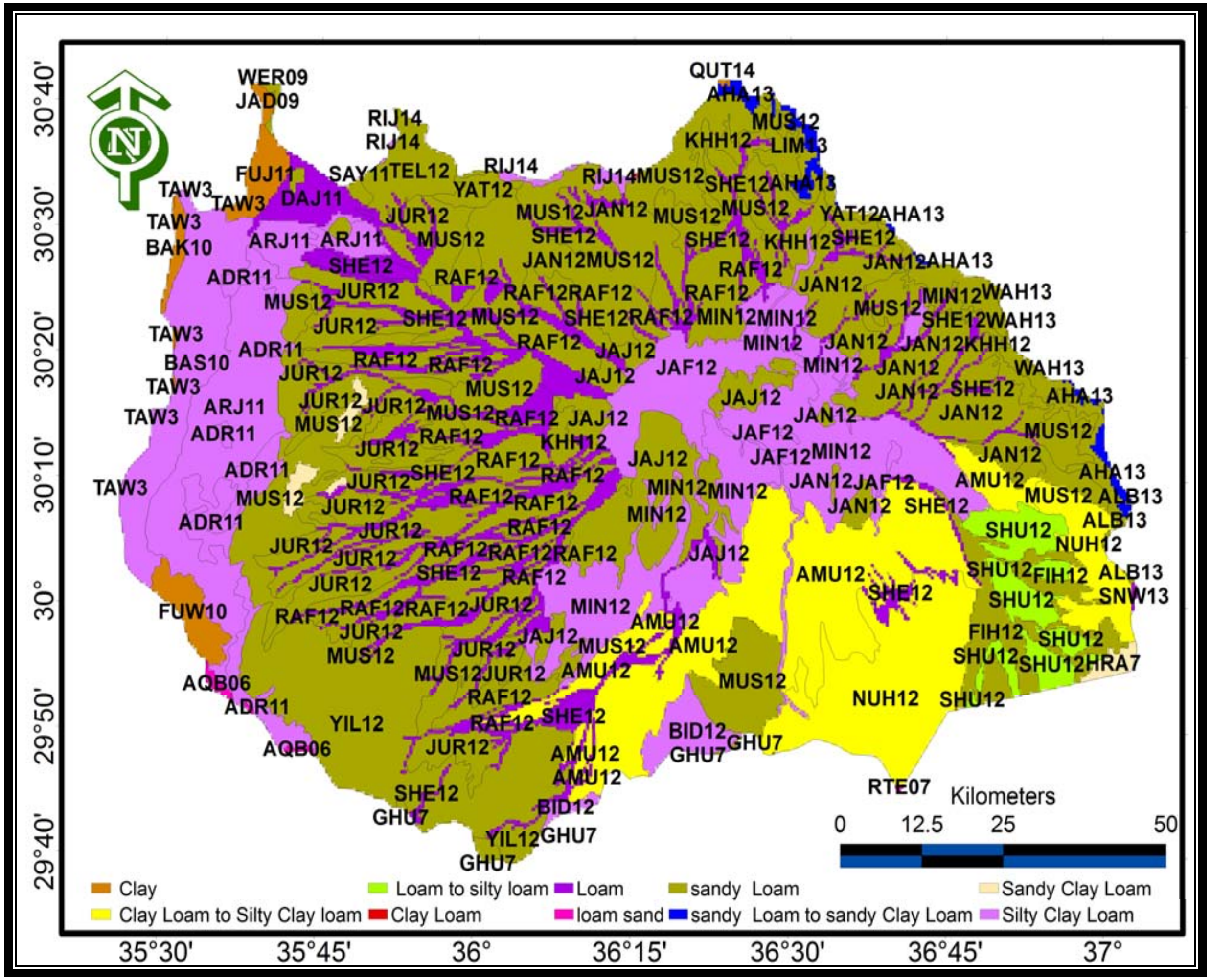
كما تنتشر الترب الرملية ضمن مجموعة وادي السير وخاصة في المناطق الواقعة شمال غرب رأس النقب، وهنا يمكن الاشارة إلى أن تكوين وادي السير تنتشر فيه نسبة واضحة من التربة الرملية، والتي تبدو بوضوح كبير بالاتجاه إلى الشرق من رأس النقب وخاصة في منطقة بطن الغول وما يجاورها شرقاً وغرباً حيث تصبح هذه المناطق كلها ترب رملية .

كما تجدر الإشارة أيضا وبما يحقق الهدف من الدراسة أن الترب الرملية تقلل من احتمالية حدوث السيول نظراً لنسبة النفاذية العالية التي تتميز بها، بالإضافة إلى انخفاض معدل الأمطار في الأجزاء التي تنتشر فيها هذه الترب ضمن منطقة الدراسة حيث تقع ضمن نطاق الأمطار (0-50 ملم) باستثناء بعض النطاقات قليلة المساحة إلى الشرق وإلى الغرب من رأس النقب حيث تحتفظ هذه الترب بنسب قليلة من الرطوبة والتي تساعد على نمو النباتات الرعوية، وبالتالي تضعف فرص حدوث السيول ،كما تنتشر التربة الرّملية ضمن منطقة الدراسة على نطاق واسع وضمن التراكيب والتكاوين الجيولوجية جميعها وتصل مساحة النطاقات التي تغطيها التربة الرملية 51.21% من مساحة حوض الجفر داخل المملكة الأردنية الهاشمية، الشكل (11).

الجدول(5) مساحة ونسب وحدات التربة في منطقة الدراسة

الرقم	وحدة التربة	المساحة (كم)	النسبة (%)	الرقم	وحدة التربة	المساحة (كم)	النسبة (%)	الرقم	وحدة التربة	المساحة (كم)	النسبة (%)	الرقم	وحدة التربة	المساحة (كم)	النسبة (%)
1	MUS12	1041.9	8.7	12	NUH12	684.4	5.7	23	RIG14	20	0.2	34	TEL012	124.2	1
2	YAT12	401.6	3.3	13	SHU12	241.2	2	24	SAY11	20	0.2	35	WER09	6.5	0.05
3	JAN12	933.5	7.7	14	FIH12	238.1	2	25	ARG11	557.8	4.6	36	RTE07	0.786	0.006
4	KHH12	268	2.2	15	JAF12	348.7	3	26	ADR11	213	1.8	37	TAF09	0.238	0.002
5	YIL12	785.7	6.5	16	JUR12	843.3	7	27	BAS10	362.2	3	38	TAW3	4.7	0.04
6	RAF12	895.5	7.4	17	AHA13	60	0.5	28	BAK10	24.3	0.2	39	ATT13	0.965	0.008
7	BID12	105.2	0.9	18	ALB13	5	0.04	29	FUW10	75.1	0.6	40	DAJ11	88.7	0.7
8	AMU12	1001.8	8.3	19	WAH13	6	0.05	30	HRA7	23.5	0.2	41	FUJ11	65.2	0.5
9	MIN12	929.6	7.7	20	SNW13	2	0.02	31	SAH06	0.163	0.001	42	JAD09	11	0.1
10	JAJ12	466.4	3.9	21	LIM13	20	0.2	32	GHU7	16.5	0.1	المجموع		12045	100%
11	SHE12	1150.3	9.57	22	MAG14	0.453	0.004	33	QUT14	1.5	0.01				

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS))



الشكل (11) نسيج التربة في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على خرائط التربة مقياس (1:250000)) ونتائج فحوص التربة التي أجرتها وزارة الزراعة)

حيث تشكل التربة الرملية الغنية بالطفل (Sand loam) حوالي 50%، التربة الرملية الغنية بالطفل الطيني (Sand clay loam) 0.5% والتربة الرملية التي تتدرج بين التربة الرملية الغنية بالطفل والتربة الرملية الغنية بالطفل الطيني (Sand loam to sand clay loam) حوالي 0.5% ، الجدول (6).

الجدول (6) مساحة ونسب نسيج التربة في حوض الجفر

NO	Texture	Area(Km2)	Percent (%)
1	clay	180.7	1.5
2	Clay loam to silty clay loam	1686.3	14
3	loam to silty loam	241	2
4	Clay loam	0.5	0.004
5	sandy loam	6022.5	50
6	sandy loam to sandy clay loam	66.25	0.55
7	sandy clay loam	72.3	0.6
8	silty clay loam	2529.5	21
9	loam	1228.6	10.2
10	loamy sand	18.1	0.15
Total		12045	100%

(المصدر:عمل الباحث باستخدام GIS)

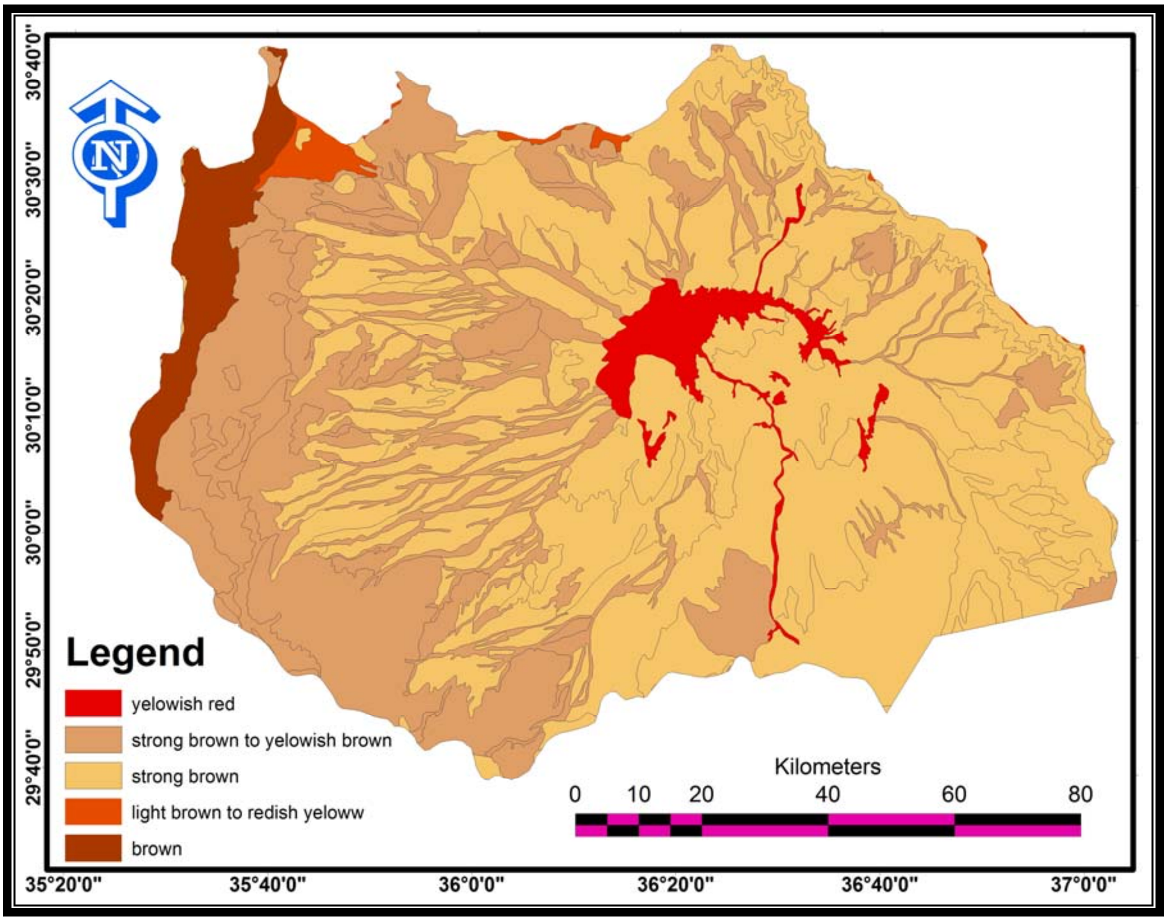
ووجد من خلال المطابقة ما بين الخريطة الجيولوجية، وخريطة التربة التي تم اعدادها باستخدام (GIS) أن التربة الرملية تغطي معظم المناطق التي تتبع تكوين الكرنب (Kurnub Formation) وتظهر على هيئة كثبان رملية متحركة في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة وبالتحديد في الأجزاء الجنوبية الشرقية على بعد 170 كم جنوب جبال كبد، حيث تسيطر على الأودية الرسوبية في الأجزاء الجنوبية الشرقية كوادي العناب ووادي تليل الجموع كذلك قاع بوهان، وتتحول هذه التربة إلى تربة رملية غرينية طينية في المناطق الوعرة إلى

الشرق وإلى الجنوب من برقة الدودة في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 1000 م فوق مستوى سطح البحر والتي غالباً ما تكون على هيئة أكوام من الرمال المنقولة قليلة الارتفاع .

كما تنتشر الترب الرملية في نطاق هذا التكوين في مجاري الأودية الرسوبية في الجزء الشرقي في منطقة الدراسة كالأجزاء الشمالية من وادي العناب ووادي رجلة العرفة الجنوبية، و يشير وجود مستويات الحجر الرملي في مناطق رأس النقب وما يحيط بها إلى فترات انحسار مياه البحر عنها بشكل كلي ، (عابد، 2000) .

ووجد من خلال الدراسة أن التربة الرملية تغطي الصخور الصوانية والتي تعتبر من صخور تكوين عمان أقصى جنوب الشيدية في المناطق المحيطة ببير الشيدية، كذلك في أراضي ما بين الأودية والمصاطب لاودية عشيشات،الغبية،المترمل وغيرها من الأودية في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة وبالاتجاه غرباً نجد أن التربة الرّملية تسيطر على أراضي ما بين الأودية لوادي المغار ووادي حصينات وعلى تلال البتراء.

وبالنسبة لتصنيف التربة الرملية من حيث اللون فقد وجد من خلال إعداد خريطة ألوان التربة في منطقة الدراسة، الشكل (12)، أن معظم المساحات التي تغطيها التربة الرملية ذات لون بني داكن (Strong Brown) وتشكل مساحة المناطق التي يسيطر عليها هذا النوع من الترب حوالي 59% من مساحة منطقة الدراسة ويعود ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض معدلات الرطوبة النسبية فيها ، كما وجد أن لون التربة يتحول من بني فاتح إلى بني مصفر (Pale Brown to Yellowish Brown) على بعض المنحدرات الشمالية والجنوبية والغربية، وتقدر مساحة المناطق التي تغطيها الترب ذات اللون البني الفاتح إلى البني المائل للصفرة حوالي 34% من مساحة منطقة الدراسة.



الشكل (12) ألوان التربة في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على خرائط التربة مقياس (250000:1)) ونتائج فحوص التربة التي أجرتها وزارة الزراعة)

و يتباين معدل سمك التربة الرملية من نطاق لآخر ضمن منطقة الدراسة، حيث يتراوح ما بين أقل من 5 سم إلى أكثر من 150 سم في بعض المناطق التي تعتبر بيئات ترسيب في منطقة الدراسة، كذلك القيعان و المناطق المحيطة بها والتي تقل درجات الانحدار فيها عن 6 درجات ويقل سمكها عن 5 سم في المناطق التي يزيد انحدارها عن 25 درجة و التي تقع في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة والتي تنتشر فيها التربة الرملية المفككة التي تقف عاجزة أمام عمليات التعرية والتجوية الميكانيكية، الشكل (13).

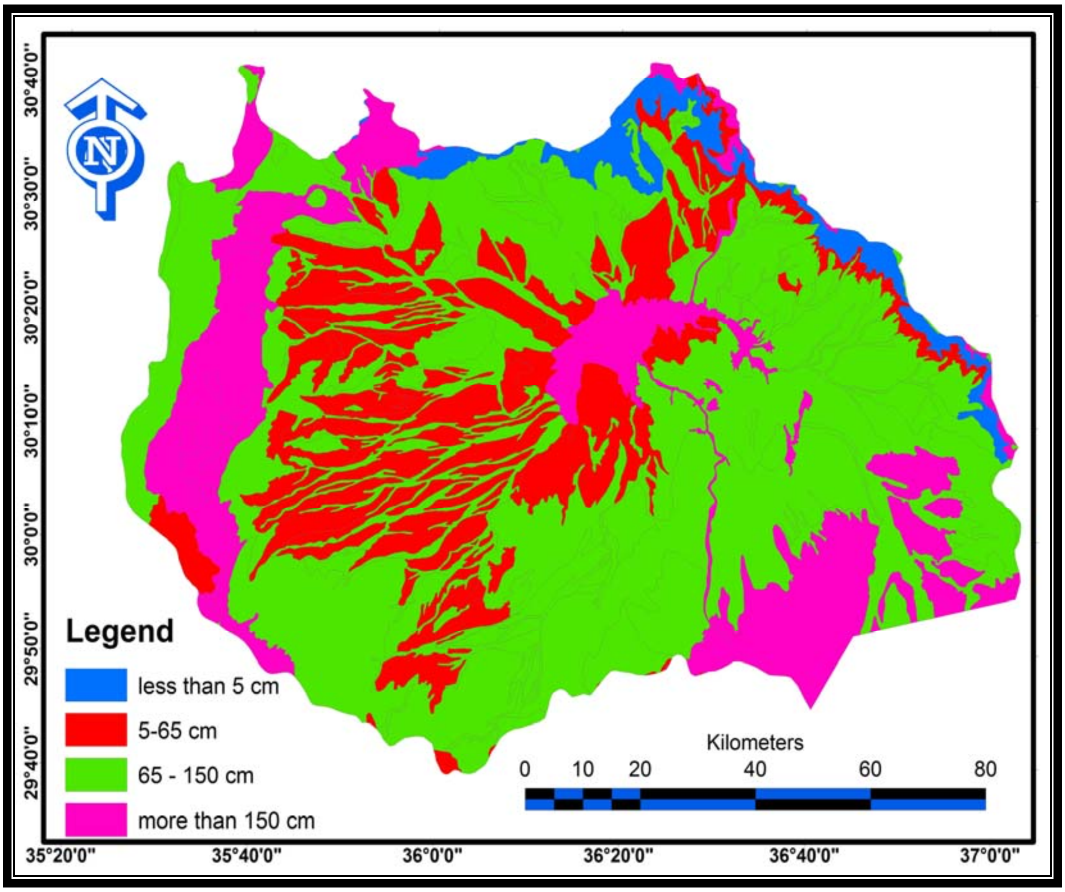
ويمكن من خلال تحديد سمك التربة في منطقة الدراسة تحديد بيئات الترسيب الأكثر نشاطاً وبالتالي اتخاذ القرار المناسب في اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي حتى لا تصبح هذه المشاريع بؤر للرواسب وهذا يزيد من فرصة فشل المشروع.

كما تسيطر الترب الرملية على المناطق التي تتبع تكوين الموقر (Muqar Formation) في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من منطقة الدراسة كوادي الرويشدات، وادي الخور، وادي العيرية، وادي الشومري، وغيرها من الأودية في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة .

وبالاتجاه شرقاً نجد أن الترب الرملية تنتشر فوق أراضي ما بين الأودية لأودية العرفة والعاذرية . وبالاتجاه جنوباً من منطقة الدراسة نجد أن هذا النوع من الترب ينتشر فوق أراضي ما بين أودية كبد ، وادي المطخ، وادي معان الحجاز ووادي جرذان في الجزء الغربي من منطقة الدراسة ، كما تنتشر على نطاق واسع شمال وشرق وجنوب مدينة معان، والتي تتحول إلى تربة رملية طفلية طينية شمال شرق معان في وادي ابو الهور، وجنوب غرب معان إلى الشرق من جبل سمنة، وجنوب شرق معان جنوب وادي سمنة.

وبالنسبة لتكوين الرجام (Rijam Formation) فإن التربة الرملية تغطي النطاقات الواقعة شمال غرب قاع الجفر في أراضي ما بين أودية الرتمة، وادي أبو صفاه، وديان عشوش، وجنوب غرب قاع الجفر حيث تسيطر الترب الرملية على أراضي ما بين أودية أبو طرفة ، وادي المصول ووادي المرمك الرسوبية . وفي أقصى شمال منطقة الدراسة في نطاقات ضيقة على الحدود الفاصلة ما بين حوض الجفر و حوض الأزرق تتحول الترب الرملية من ترب رملية غرينية إلى ترب رملية طينية (Sand loam to sand clay loam) في القيعان التي يزيد ارتفاعها عن 1000 م فوق مستوى سطح البحر.

وتبلغ مساحة المناطق التي يقل فيها سمك التربة عن 5 سم حوالي 3.5 % من مساحة منطقة الدراسة أما المناطق التي يزيد سمكها عن 150 سم فتصل إلى 18% من مساحة منطقة الدراسة.



الشكل (13) سمك التربة في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على فحوص التربة التي أجرتها وزارة الزراعة)

2:3:2 **التربة الطفلية (loam Soil)**

تشكل هذه الترب 12.14% من مساحة منطقة الدراسة ويسيطر هذا النوع من الترب على معظم الأودية الرسوبية التي تنتهي إلى قاع الجفر ويعود السبب في ارتفاع نسبة الطفل في هذه الأنواع من الترب إلى بيئات الترسيب التي تنتشر ضمنها. ففي المناطق الجنوبية الشرقية فوق الجزء الأوسط من وادي العناب ووادي تليل الجموع تتحول التربة الطفلية إلى ترب طفلية غرينية (Loam to silty loam) والتي تتبع تكوين الكرنب. كما تنتشر هذه الأنواع من الترب في الأجزاء السفلى من أودية العناب وأودية شويحط في الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة والتي تتبع تكوين وادي السير، والمناطق الجنوبية من جبل البتراء التي يزيد ارتفاعها عن 1400م فوق مستوى سطح البحر والتي تتبع تكوين وادي السير حيث تتحول إلى تربة طفلية رملية . وتسيطر هذه الأنواع من الترب على الأودية الرسوبية الشمالية والشمالية الشرقية كأودية الغوير، غديرات زايد، الشومري، العاذرية والعرفة الشمالية والتي تتبع تكوين الموقر، كذلك تنتشر في الأودية الرسوبية إلى الشرق وإلى الشمال وإلى الجنوب من معان كوادي أبو طرفه، وادي الرتمة

، وادي المطخ، ووادي معان الحجاز حيث تتداخل هنا ما بين تركيبي الموقر شمالاً ثم تنتقل نحو المناطق المنخفضة بالاتجاه نحو قاع الجفر ضمن تكوين الرجام .

أخيراً تنتشر هذه الترب في المناطق التي تتبع تكوين (الرجام) فوق أودية العشوش، أبو صفاة والجرذان ووجد من خلال الدراسة أن معظم المناطق التي تغطيها التربة اللومية (Loam Soil) ذات لون بني فاتح إلى بني مائل للصفرة (Pale Brown to Yelwish Brown) باستثناء مساحات صغيرة جداً في الجزء الشمالي الغربي منطقة الدراسة حيث تكون ذات لون بني فاقع إلى أصفر مائل للحمرة (Strong brown to Redish Yelow)، الشكل (12).

وتقدر مساحة المناطق التي تغطيها الترب ذات اللون البني الفاقع إلى الأصفر المائل للحمرة حوالي 0.1% من مساحة منطقة الدراسة. وتقتصر على حافات المنحدرات الشمالية التي تفصل ما بين حوض الجفر وحوض الأزرق شمالاً. وتنتشر معظم الترب الطفلية (Loam Soil) ضمن المناطق التي يقل انحداراها عن 2 درجة ، و التي يتراوح سمك هذه الترب في الغالب ما بين 65 سم في المناطق التي يتراوح انحدارها ما بين 25 درجة وخاصة في الأجزاء الغربية من منطقة الدراسة، و 150 سم في الأجزاء السفلى من الأودية الرسوبية التي تنتهي الى قاع الجفر والقيعان المحيطة به والتي يقل الانحدار في بعض أجزائها عن 1 درجة. وتبلغ مساحة المناطق التي يتراوح سمك هذه الترب فيها ما بين 65 – 150 سم حوالي 57% من مساحة منطقة الدراسة.

3:3:2 **التربة الطينية (Clay Soil) :**

تشكل هذه الترب 15.6% من مساحة منطقة الدراسة ، حيث تتركز في الأجزاء الجنوبية الغربية من منطقة الدراسة وخاصة في المناطق التي يسيطر عليها تكوين وادي السير وقد وجدمن خلال الدراسة أن معظم المناطق التي تغطيها الترب الطينية ذات لون بني فاتح (Pale Brown)، الشكل (12) ، وهذا دليل آخر على تأثير درجات الحرارة في لون التربة في منطقة الدراسة.

و تنتشر الترب الطينية في الغالب في المناطق التي يقل انحدارها عن 3 درجات، وبالرغم من ذلك فإنها قليلة السمك ، حيث لا يزيد سكمها في بعض المناطق عن 65 سم لترتفع في بعض الأجزاء الأكثر رطوبة من منطقة الدراسة إلى 150سم في المعدل، ويعود سبب انخفاض سمك التربة الطينية في بعض أجزاء منطقة الدراسة إلى ارتفاع درجات الحرارة والتي تعمل بدورها على زيادة معدلات التبخر وتصبح بذلك الترب الطينية ترب جافة كثيرة التشققات وهدفاً متاحاً في معظم الأحيان لعمليات التعرية ، الملحق (15) .

وتنتشر الترب الطينية في أودية المناوخ و الغضيويات حيث تتكون من الترب الطينية الطفلية والتي تتحول في الأجزاء السفلي من هذه الأودية الى طفل طيني غريني بالاقتراب من قاع الجفر والقيعان المحيطة به.

كما تنتشر الترب الطينية الخالصة (Clay Soil) في أقصى شمال غرب منطقة الدراسة في الشوبك والمناطق المحيطة بها الى الشرق والشمال الشرقي ضمن تكوين الرجام في منطقة الفجيج تحديداً، وخربة الدوشق في المناطق التي يتراوح ارتفاعها ما بين 1200 – 1400م فوق مستوى سطح البحر، وإلى الغرب والجنوب والغرب من الشوبك في مناطق نجل وشماخ وبالاتجاه جنوباً نحو المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 1600م، وفي بعض الأجزاء الشمالية من رأس النقب على ارتفاع 1500م ضمن تكوين الموقر وهذا أثر في وجود المناطق الزراعية خاصة في الشوبك والمناطق المحيط بها.

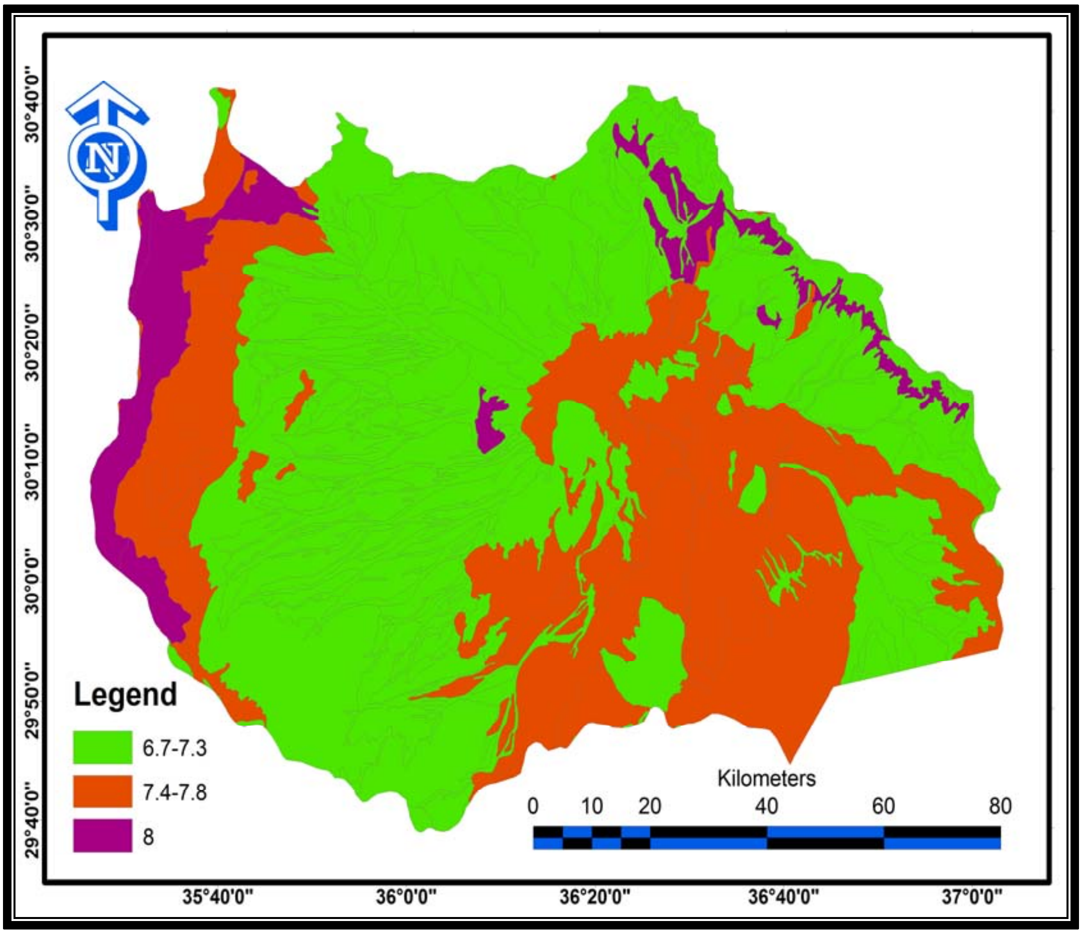
ويمكن اعتبار التربة الطينية من أفضل أنواع الترب لاقامة مشاريع الحصاد المائي بسبب انخفاض نفاذيتها ، وهذا ما تم أخذه بعين الاعتبار عند تحديد معايير اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي .

4:3:2 **التربة الغرينية (Silty Soil) :**

تشكل هذه التربة 21.1 % من مساحة منطقة الدراسة ، وتنتشر بشكل واضح في قاع الجفروالقيعان المحيطة به كما تنتشر في المناطق الغربية التي تتصف بأعلى معدلات تساقط مطري . ويتميز هذا النوع من الترب بارتفاع نسبة الغرين (Silt) حيث تزيد نسبته في محتوى التربة عن50%، كما تزيد نسبة الطين (Clay)عن 25% وينخفض المحتوى الرملي عن 20%، وتوصف عادة بأنها تربة غرينية طفلية طينية (Silty Clay loam) ووجد من خلال مطابقة خريطة التربة و الخريطة الجيولوجية مع الخريطة الطبوغرافية أن هذا النوع من الترب من الأنواع السائده في قاع الجفر والذي يتبع الجزء الأكبر منه تكوين الموقر (Muqar Formation)، وبالاتجاه نحو الشمال الشرقي من قاع الجفر ضمن هذا التكوين تنتشر هذه الترب في الأودية الرسوبية كوادي العاذرية ووادي الغوير كما تنتشرفي الجزء الشرقي والجنوبي الشرقي من قاع الجفر في قيعان ودعه ، وفي جنوب قاع الجفر في قاع محران المناوخ والأجزاء السفلى من وادي المناوخ، وادي الجهدانية، وادي السحل الأبيض، وادي الشبيكة، أما في الأجزاء الغربية من منطقة الدراسة فتنتشر التربة الغرينية ضمن تكوين الموقر في أعلى أودية العوينة، الجرباء، القاع، وديان عشوش، وادي جرذان ، الدرباسي ووادي وهيده ، ووجد من أن المناطق التي تنتشر فيها التربة الغرينية (Silty Soil) ذات لون بني فاتح إلى بني مائل للصفرة (Light

(Brown to Yelwish Brown وخاصة في الأجزاء الغربية من منطقة الدراسة، أما في قاع الجفر وبعض المناطق الواقعة إلى الشرق والجنوب الشرقي من قاع الجفر فهي ذات لون أحمر مائل للصفرة (Yelowish Red). وتقدر مساحة المناطق التي تغطيها التربة ذات اللون الأحمر المائل للصفرة في منطقة الدراسة حوالي 3% من مساحة منطقة الدراسة . كما وجد أن لون التربة الغرينية في الجزء الغربي من منطقة الدراسة هو اللون البني وخاصة في الأجزاء الرطبة من منطقة الدراسة، ويمكن القول هنا أن ارتفاع رطوبة التربة في هذه المناطق وانخفاض درجات الحرارة خاصة في فصل الشتاء قلل من تأثير الأشعة الشمسية على لون التربة وهذا قد يكون مؤشراً ذا دلالة في تحديد المناطق التي يمكن الاستفادة منها في اقامة مشاريع الحصاد المائي من خلال إيجاد أكبر عدد ممكن من المؤشرات التي يمكن أن تكون ذات أهمية في تحقيق أهداف الدراسة . حيث يأتي هذا النوع من الترب في المرتبة الثانية من حيث الأهمية في تقييم احتمالية الحصاد المائي بسبب ارتفاع المحتوى الطيني فيه . وتقدر مساحة المناطق التي تغطيها التربة البنية (Brown Soil) حوالي 4% من مساحة منطقة الدراسة. كما تنتشر الترب الغرينية في الجزء الغربي من قاع الجفر، وشرق وشمال شرق الشوبك فوق المناطق السفحية التي تتبع تكوين الرجام (Rijam) ، وبالنسبة لتكوين عمان ووادي السير (Amman Wadi Al-Sir Formation) فقد وجد انتشارا محدودا لهذا النوع من الترب في بعض المناطق الجنوبية في رأس النقب وجنوب جبل البتراء. ولكنها أكثر انتشاراً في الجزء الغربي من منطقة الدراسة على سفوح جبل البطاح شمال غرب منطقة الدراسة حتى طاسان جنوب غرب في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 1600م فوق مستوى سطح البحر. ويتراوح سمكها ما بين 5- 65سم في المناطق التي يزيد انحدارها عن (65 درجة)، ويزيد عن 150سم في المناطق التي يقل انحدارها عن 2 درجة، وهذا يعتمد على نشاط عمليات التعرية المائية والريحية والانحدار في نفس الوقت.

وتبلغ مساحة المناطق التي يتراوح سمك التربة فيها ما بين 5- 65سم حوالي 21.4 % من مساحة منطقة الدراسة . كما يختلف الرقم الهيدروجيني (PH) من منطقة لأخرى في منطقة الدراسة وهذا يظهر تنوع وتباين الظروف الطبيعية التي أثرت في تشكيل التربة ضمن هذه المنطقة ، الشكل (14).



الشكل (14)الرقم الهيدروجيني (PH) للتربة في منطقة الدراسة

(المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على نتائج فحوص التربة في وزارة الزراعة)

ويتراوح بشكل عام الرقم الهيدروجيني للتربة في حوض الجفر ما بين 6.7 و 8 ،الشكل(14) .

ويبلغ معدل الرقم الهيدروجيني في منطقة الدراسة (7.2) وهذا يعطي مؤشر على خاصية الجفاف السائدة في منطقة الدراسة وخاصة في المناطق التي تنتشر فيها الترب الرملية الجافة، وذات معدلات الصرف المائي المرتفع في الفترات التي تسقط فيها الأمطار . ويتراوح الرقم الهيدروجيني في معظم المناطق التي تنتشر فيها التربة الرملية ما بين 6.7 و7.3 للأسباب آنفة الذكر حيث تبلغ مساحة المناطق التي يتراوح الرقم الهيدروجيني فيها ما بين 6.7 و 7.3 حوالي 60% من مساحة منطقة الدراسة . كما تبين أن رقم حموضة التربة في قاع الجفر ، القيعان المحيطة بحوض الجفر ، الأودية الرسوبية الواقعة إلى الجنوب والجنوب الشرقي من قاع الجفر والمرتفعات الفاصلة ما بين النطاق شبه الرطب في الجزء الغربي من منطقة الدراسة يتراوح ما بين (7.4 – 7.8) وتشكل مساحة هذه المناطق حوالي 33% من مساحة منطقة الدراسة، ويعود ارتفاع رقم حموضة التربة في قاع الجفر إلى خصائص التربة ونسيجها وجفاف المنطقة وسوء

الصرف المائي الذي تمتاز به القيعان الطينية والغرينية وهذا ما يعطي أهمية كبيرة في تحديد أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي، وتحقيق أهداف الدراسة .

كما يتراوح الرقم الهيدروجيني ما بين 7.5 و 7.8 في بعض مناطق تقسيم المياه في أقصى الشمال الغربي وأقصى الجنوب الشرقي حيث تبلغ مساحة المناطق التي يتراوح رقم حموضة التربة فيها ما بين 7.5 – 7.8 حوالي 0.1% من مساحة منطقة الدراسة. كما يبلغ رقم حموضة التربة (PH) (8) في المناطق الغربية التي تمتاز بإرتفاع معدلات الرطوبة فيها والتي تمتد على طول الشريط الضيق من الشوبك شمال غرب منطقة الدراسة إلى جبال رأس النقب القبيلة. ويعود ذلك إلى تداخل مجموعة من العوامل المتمثلة بارتفاع كميات الأمطار مقارنة ببقية مناطق الدراسة، وبسبب تعرض هذه المناطق طول فصل الشتاء لموجات الصقيع وبالتالي سوء صرف التربة، بالإضافة إلى ارتفاع المحتوى العضوي إذا ما قارناها بمناطق الدراسة الأخرى. كما يبلغ رقم حموضة التربة (8) في المرتفعات الشمالية الغربية من منطقة الدراسة وخاصة في الأودية الرسوبية وتبلغ مساحة المناطق التي يبلغ فيها حموضة التربة (8) حوالي 7% من مساحة منطقة الدراسة .

و سيتم تناول الخصائص الأخرى للتربة وهي السعة الحقلية، نقطة الذبول، رطوبة التربة، ودرجة حرارة التربة في الفصل المتعلق بالموازنة المائية حتى يكون هناك قيمة أكبر لهذه الخصائص من خلال ربطها بعناصر الموازنة المائية.

4:2 مناخ منطقة الدراسة:-

1:4:2مناخ المملكة الأردنية الهاشمية :

يتأثر مناخ الأردن بمجموعة من العوامل الجغرافية المرتبطة بموقعه الجغرافي، تباين تضاريسه، والعوامل السينوبتيكية كالتوزيع الجغرافي لمراكز الضغط الجوي والكتل الهوائية والمنخفضات الجوية، وحالة طبقات الجو العليا، والتيار النفاث، (شحادة، 1990). ويؤدي تباين تأثير هذه العوامل من أقليم إلى آخر داخل الأردن إلى تباين الأنماط والأقاليم المناخية من الشمال إلى الجنوب ومن الغرب إلى الشرق حيث يعد مناخ الأردن بشكل عام جاف إلى شبه جاف مع انتظام توزيع الأمطار زمانياً ومكانياً في الأردن، وارتفاع معدلات التبخر وقد تبين ذلك من خلال قيام الباحث بتطبيق معادلة ثورنثويت والتي تعبر عن مؤشر القيمة الفعلية للأمطار. وبناءاً على قيمة (P-E) قسم ثورنتويت الأرض إلى الأقاليم المناخية ، الجدول رقم (7).

الجدول(7) تصنيف الأقاليم المناخية وفقا لمعادلة ثورنثويت

قيمة P-E	نوع المناخ
128 فأكثر	دائم الرطوبة
64- 127	رطب
32- 63	دون رطب
16- 31	شبه جاف
أقل من 16	جاف

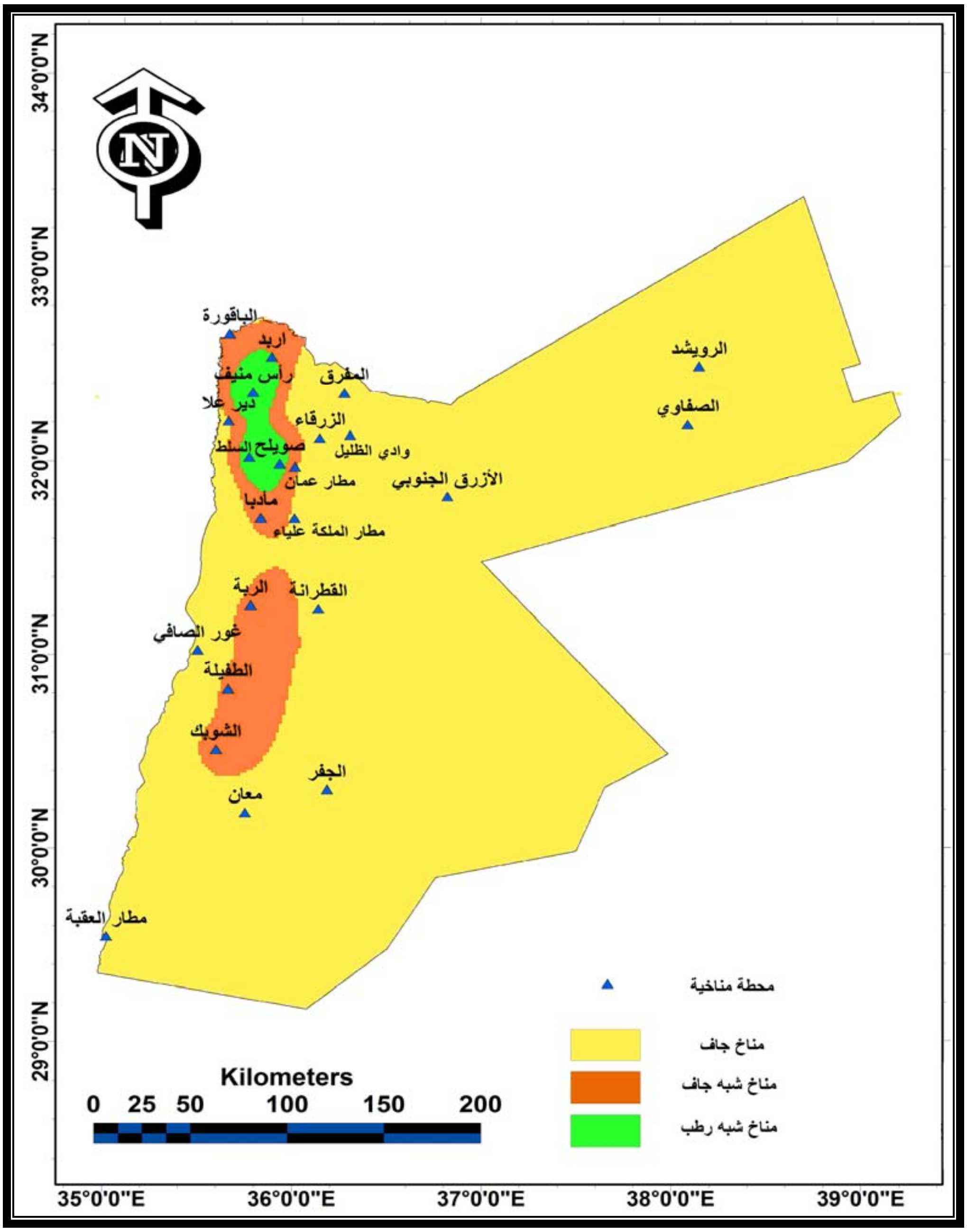
وبتطبيق معادلة ثورنثويت على الأردن تم تصنيف المناخ بما يتناسب مع البيئة الطبيعية للأردن من خلال إعداد خريطة تصنيف المناخ في الأردن، حيث تم تقسيمها إلى ثلاثة أقاليم مناخية تتمثل في الأقليم شبه الرطب، الشكل (15) والذي يشمل مرتفعات عجلون ومرتفعات البلقاء، ومرتفعات عمان الشمالية الغربية، وإربد حيث تزيد القيمة الفعلية للأمطار في هذه المناطق عن 32، الجدّول (8).

الجدول(8) القيمة الفعلية ومعامل الجفاف في الأردن وفقا لمعادلة ثورنثويت

المحطة	الحرارة (ف)	الأمطار(بوصة)	القيمة الفعلية	معامل الجفاف
رأس منيف	59	23	49.5	23.3
اربد	66.2	18	32.3	15.7
الباقورة	73.4	16	24.1	12
الرمثا	64.4	8.4	14.5	7.6
السلط	62.6	22	43.7	20.7
صويلح	60.8	19.3	39.3	18.8
ديرعلا	77	11.2	15.8	8.1
مأدبا	68	12.8	21.5	10.8
مطار عمان	64.4	10.75	19	9.75
مطار الملكة علياء	62.6	7	12.1	6.5
الربة	60.8	13.3	26.1	13
الشوبك	55.4	10.6	23	11.7
الطفيلة (العيص)	60.8	9.4	17.6	9.2
الزرقاء	66.2	5.7	9.1	5
وادي الظليل	64.4	5.8	9.6	5.3
المفرق	62.6	6.2	10.75	5.85
الأزرق الجنوبي	68	2.4	3.4	2.1
القطرانة	64.4	3.7	5.75	3.3
الصفاوي (H5)	68	2.9	4.2	2.5
الرويشد(H4)	68	3.2	4.6	2.7
معان	64.4	1.6	2.3	1.4
غور الصافي	78.8	3	3.4	2.1
الجفر	64.4	1.2	1.6	1.1
مطار العقبة	77	1.2	1.3	1

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دائرةالأرصاد الجوية)

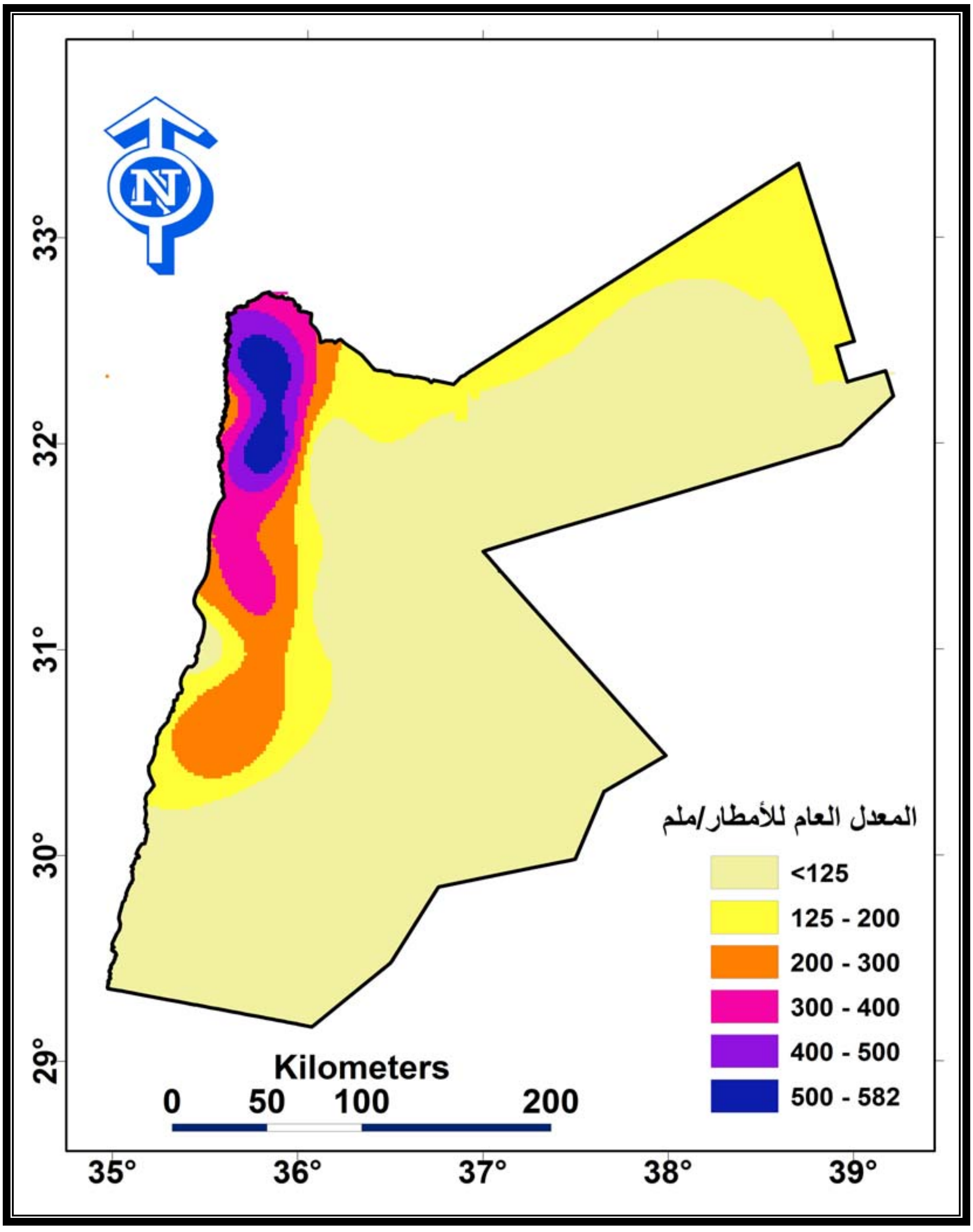
أما الإقليم شبه الجاف فيشمل المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة اربد، ،الأغوار الشمالية، المناطق الهامشية، وبعض المرتفعات الجنوبية كمرتفعات الكرك ،الطفيلة ،الشوبك حيث تتراوح القيمة الفعلية للأمطارفيها مابين (16- 32) . أما باقي المناطق فتقع ضمن الأقليم الجاف، والذي يتمثل في البادية الأردنية الشمالية،الشمالية الشرقية الجنوبية والجنوبية الشرقية والتي تقع ضمنها معظم أجزاء منطقة الدراسة وتتراوح القيم الفعلية فيها ما بين (1.3- 16).



الشكل(15) تصنيف المناخ في الأردن وفقا لمعادلة ثورنثويت

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

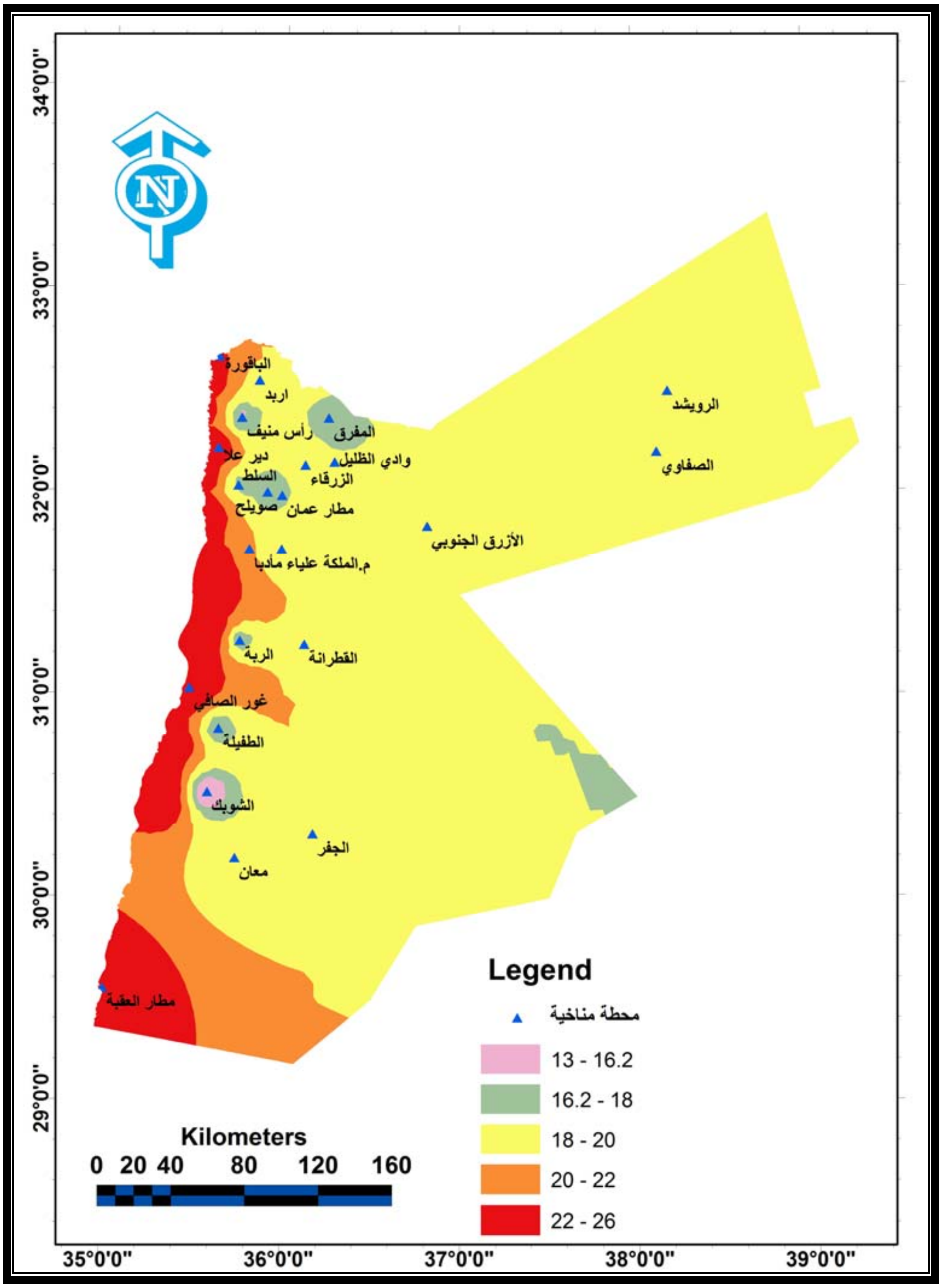
كما تبين من خلال إعداد خريطة توزيع الأمطار في الأردن، الشكل (16) وجود انخفاض ملحوظ في كميات الأمطار في منطقة الدراسة وهذا يتطابق مع تصنيف الأقاليم المناخية في الأردن حيث وجد أن الاقليم شبه الرطب يحظى بأعلى معدلات الأمطار سنوية خلال فترة الدراسة (1970- 2011م) والتي تبلغ أعلى معدلاتها في مرتفعات عجلون 582 ملم، كما تبلغ أدنى معدلات للأمطار في العقبة حوالي 31 ملم، وهذا يعطي أهمية كبيرة للتوسع في مشاريع الحصاد المائي في الأقاليم الجافة في الأردن وخاصة التي تقل فيها معدلات الأمطار عن 200 ملم .



الشكل(16) توزيع الأمطار في الأردن

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

كما تبين أن الاقليم الجاف في الأردن يختص بإرتفاع معدل درجة الحرارة السنوية مقارنة بالمرتفعات الجبلية والاقليم شبه الرطب ، الشكل (17).



الشكل(17) توزيع الحرارة في الأردن

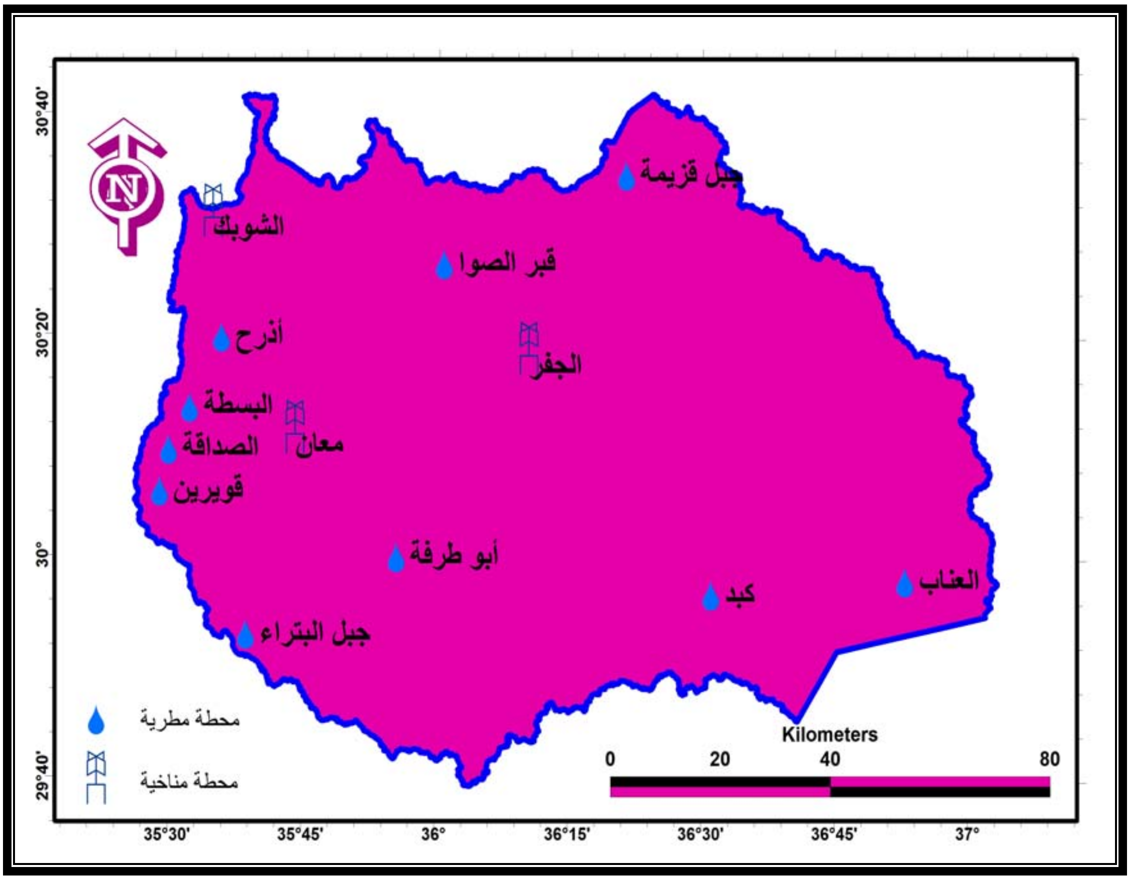
(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية)

حيث بلغ أعلى معدل لدرجة الحرارة في الأردن في غور الصافي 26° م، والعقبة 25 ° م، ودير علا 25 ° م، ويبلغ أدنى معدل درجة حرارة في الأردن في مرتفعات عجلون حيث كان معدل درجة الحرارة في محطة عجلون خلال فترة الدراسة 15 ° م .

2:4:2 مناخ حوض الجفر :

1:2:4:2 التصنيف المناخي لحوض الجفر :

تعتبر صفة الجفاف من الخصائص العامة لحوض الجفر، وهذا ما توصل إليه الباحث بتطبيق معادلة ثورنثويت آنفة الذكر والمتعلقة باستخدام القيمة الفعلية للأمطار في تصنيف الأقاليم المناخية . حيث تم حساب القيمة الفعلية للأمطار لثلاث عشرة محطة مناخية ومطرية ضمن منطقة الدراسة، الشكل (18).



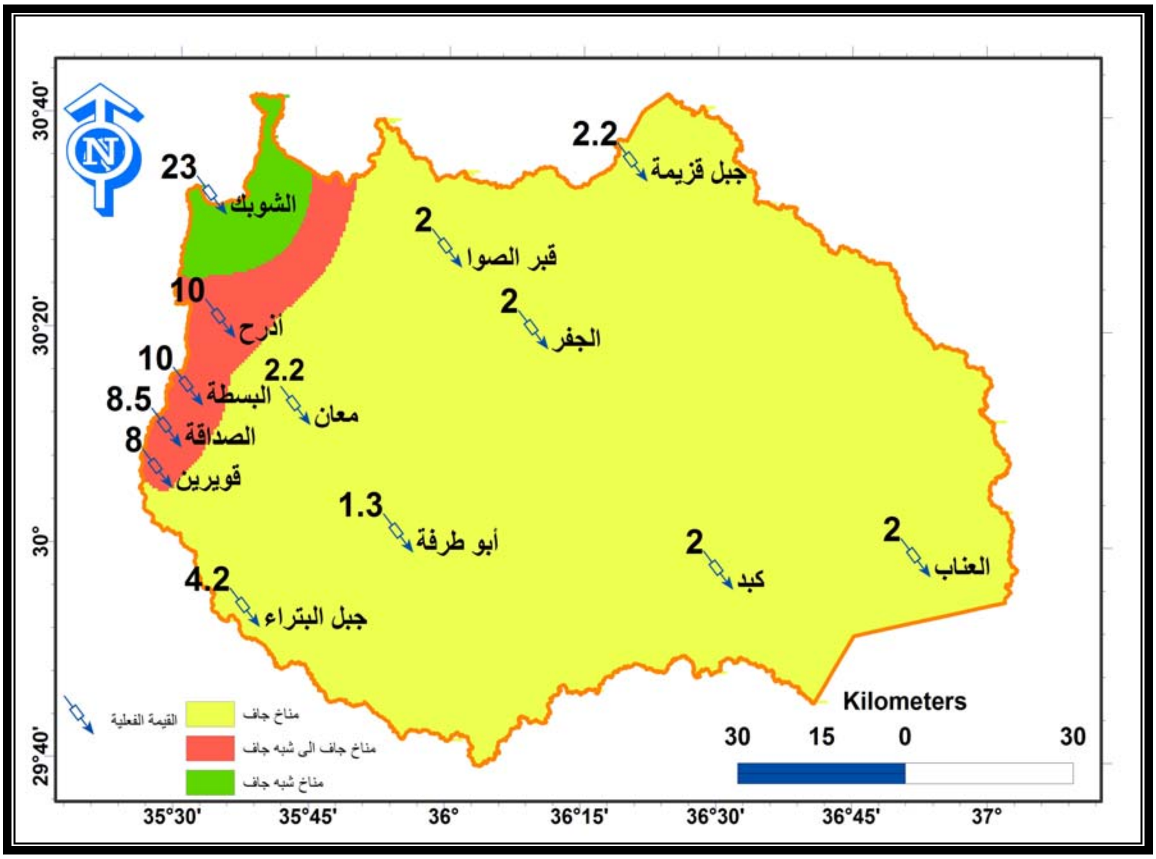
الشكل(18) المحطات المناخية والمطرية في منطقة الدراسة

وبناءً على ذلك فقد تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاثة أقاليم مناخية الاقليم الجاف ،الأقليم شبه الجاف و الاقليم الانتقالي بين هذين الأقليمين الأقليم الجاف المائل إلى شبه الجاف ،الشكل (19).

2:2:4:2معدلات الأمطار والحرارة في حوض الجفر :

تتبع معظم أجزاء منطقة الدراسة الأقليم المناخي الجاف حيث تقل معدلات الأمطار عن 50 ملم، ويزيد معدل درجة الحرارة السنوي عن 18° م في معظم أجزائها ، ويتدرج ارتفاع معدلات الأمطار وانخفاض معدل درجة الحرارة السنوي بالانتقال نحو الغرب، والشمال الغربي

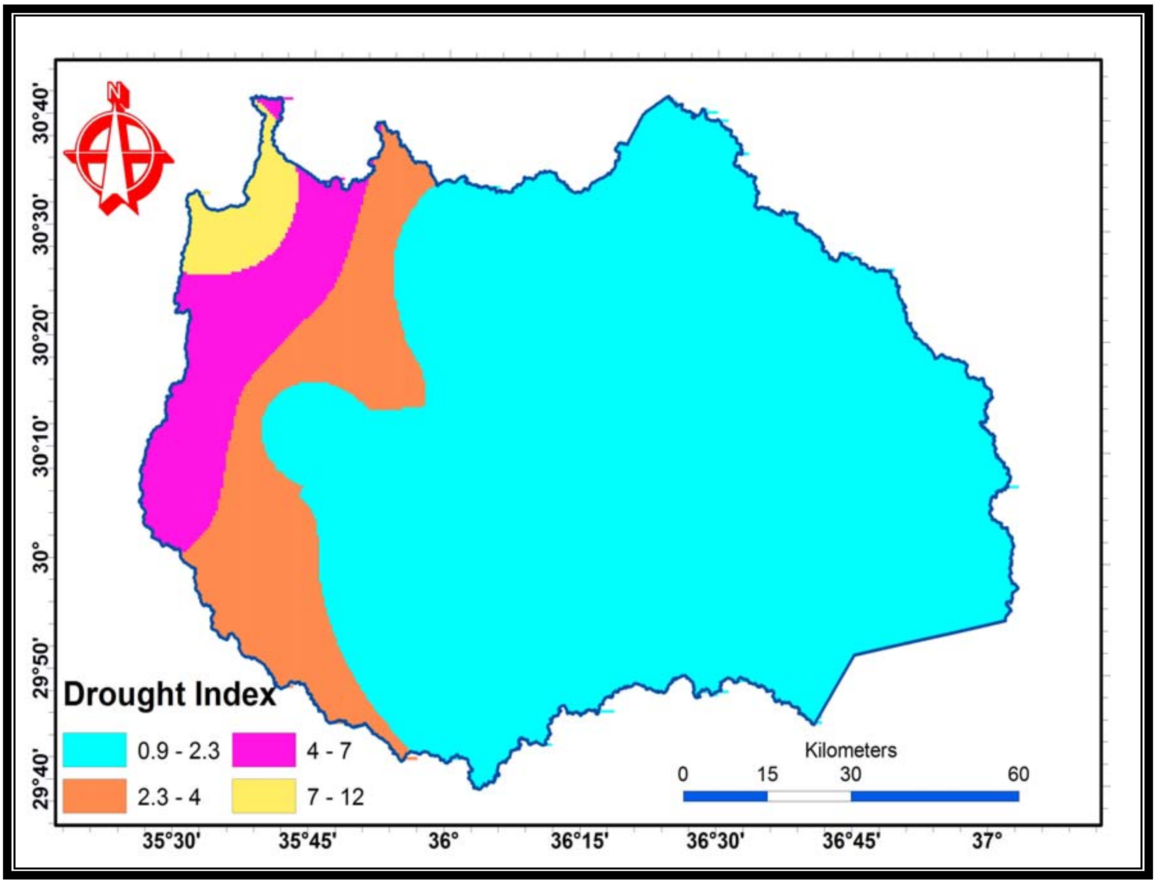
من منطقة الدراسة حيث يتحول الأقليم المناخي من الجاف إلى شبه الجاف بارتفاع معدلات الأمطار السنوية عن 100 ملم حيث سجلت معدلات الأمطار خلال فترة الدراسة (1970 – 2011) في محطة أذرح حوالي 126.32 ملم، وفي محطة البسطة حوالي 135 ملم، وفي محطة الصداقة حوالي 119 ملم، وفي محطة قويرين حوالي115.2 ملم.



الشكل(19) تصنيف المناخ في منطقة الدراسة وفقا لمعادلة ثورنثويت

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

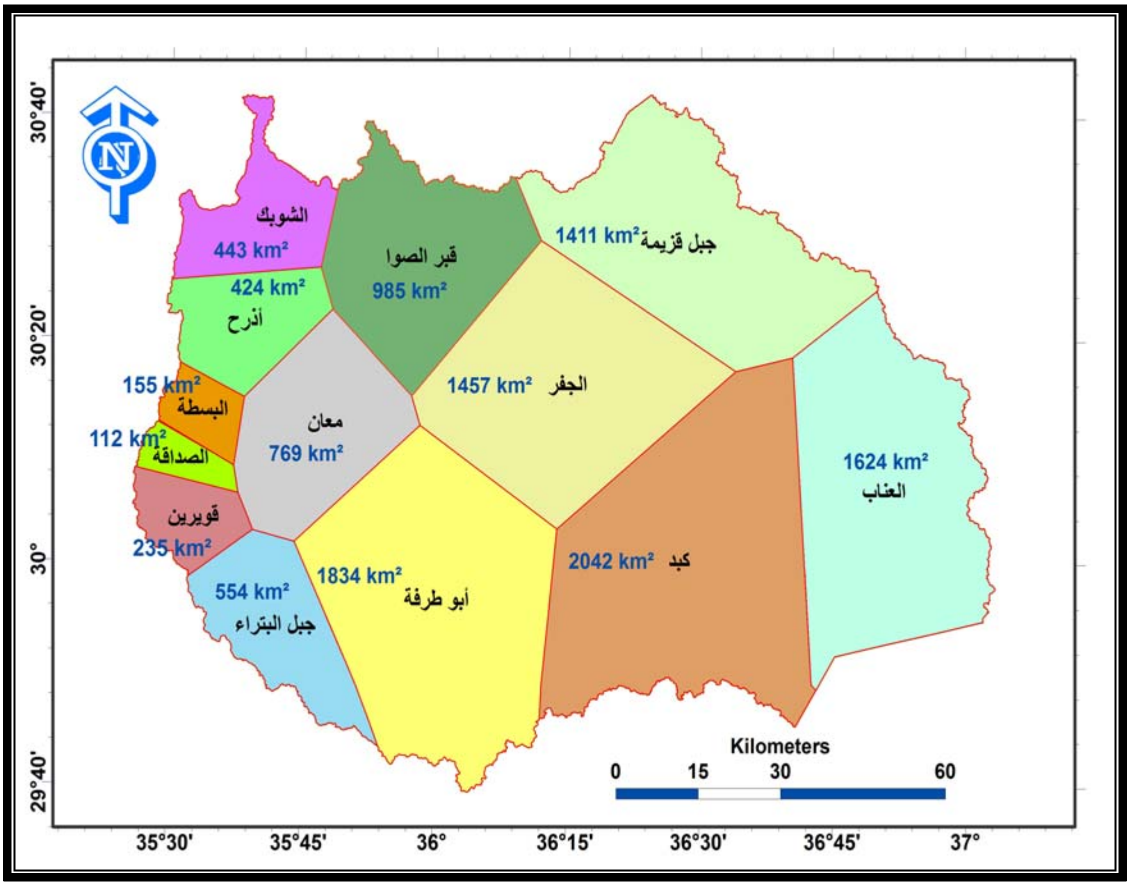
وسجلت أعلى معدلات أمطار في أقصى الأجزاء الشمالية الغربية من منطقة الدراسة في الشوبك حيث وجد أنها تتبع الأقليم المناخي شبه الجاف حسب تصنيف ثورنثويت حيث بلغت القيمة الفعلية للأمطار في محطة الشوبك حوالي (23)، ومعدل الأمطار 259.1 ملم، ومعدل درجة الحرارة السنوي (13°م). كما تم تحديد معامل الجفاف في منطقة الدراسة باستخدام معادلة ثورنثويت آنفة الذكر ،الشكل (20) .



الشكل(20) معامل الجفاف في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

و قام الباحث بتقسيم منطقة الدراسة إلى مضلعات (Thiessen polygons) حيث تغطي كل محطة مساحة معينة من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، حيث تستخدم هذه المساحات في تحديد كمية الأمطار المساحية في منطقة الدراسة ، الشكل (21).

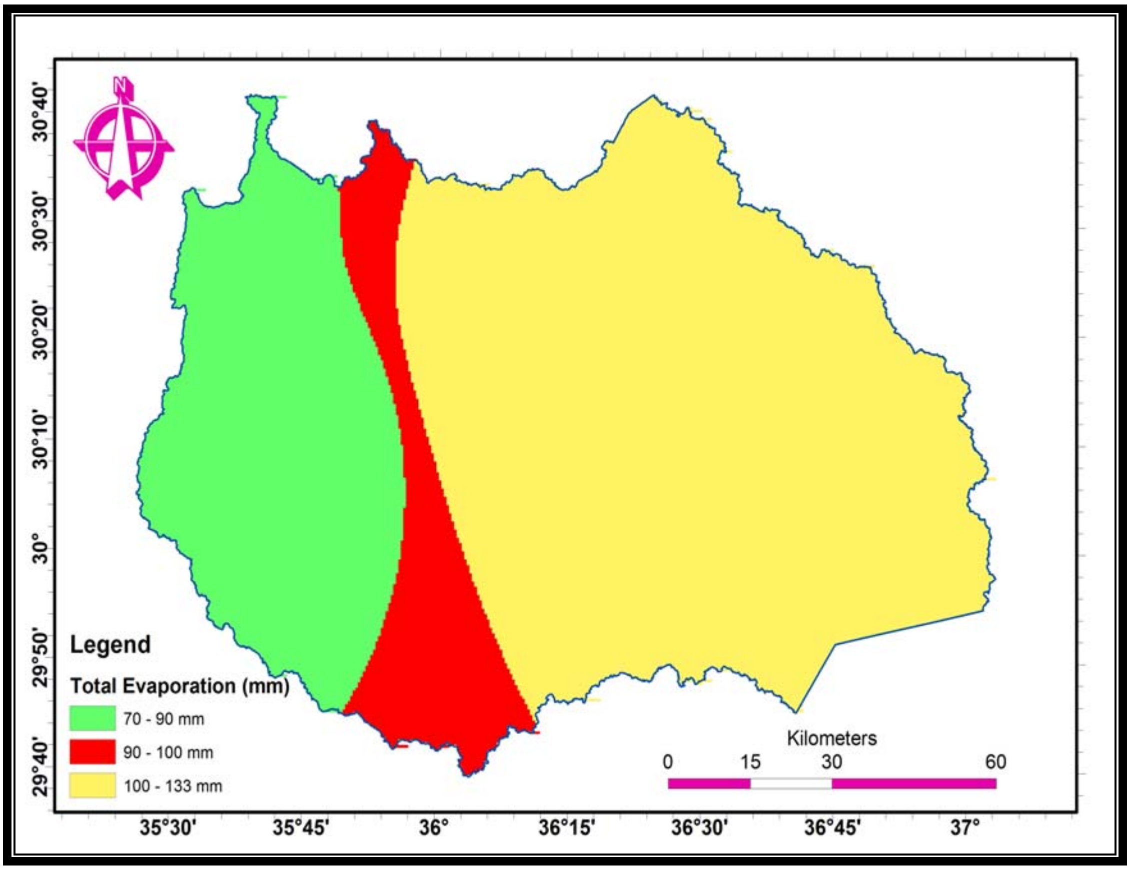


الشكل(21) مضلعات ثايسون لمنطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS))

3:2:4:2 التبخر الكلي (Total Evaporation) في حوض الجفر :

يتراوح معدل التبخر السنوي لمنطقة الدراسة ما بين 70 و133 ملم، حيث وجد من خلال اعداد خريطة التوزيع العام لمعدل التبخر الكلي أن معدل التبخر العام مرتفع في منطقة الدراسة ويعود ذلك إلى ارتفاع معدل درجات الحرارة السنوي، وانخفاض الرطوبة وهذا مؤشر سلبي إذا ما تعلق الأمر بإقامة مشاريع الحصاد المائي حيث تفقد كميات كبيرة من مياه الأمطار والرطوبة بالتبخر، وبالتالي يوصي الباحث في إيجاد طرق تتلائم وطبيعة مناخ منطقة الدراسة عند تنفيذ مشاريع الحصاد المائي . حيث تبين أن أدنى معدلات للتبخر في الأجزاء الشمالية الغربية والغربية من منطقة الدراسة ولا شك في ذلك حيث تقل معدلات التبخر في الشوبك والذي يبلغ فيها معدل درجة الحرارة السنوي 13°م ويحظى أيضاً بأعلى معدلات للأمطار في منطقة الدراسة، وتبدأ معدلات التبخر الكلي بالتزايد بالاتجاه جنوباً وشرقاً في حوض الجفر لتبلغ أعلى معدل لها في قاع الجفر حوالي 133 ملم ويعود ذلك إلى ارتفاع معدل درجة الحرارة و انخفاض معدل الرطوبة مقارنة بغيرها من أجزاء منطقة الدراسة.

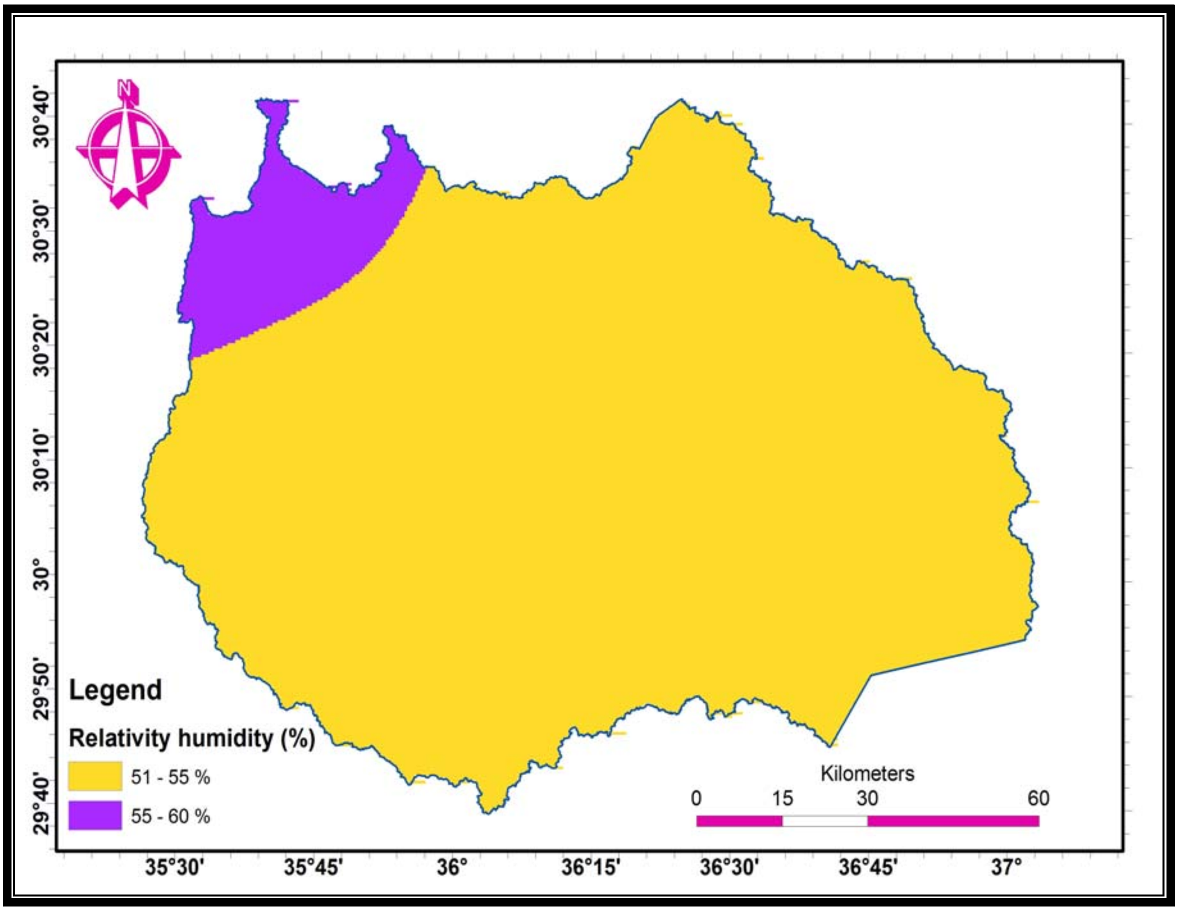


الشكل(22) معدل التبخر الكلي في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

4:2:4:2 الرطوبة النسبية (Relative Humidity) :

تنخفض الرطوبة النسبية بشكل عام في حوض الجفر ويعود ذلك إلى وقوعة ضمن الأقليم الجاف وشبه الجاف من الأردن والذي يتميز بانخفاض معدلات الأمطار وارتفاع معدل درجات الحرارة ، حيث يتراوح معدل الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة ما بين 51 و60% إذ تبلغ أعلاها في الأجزاء الشمالية الغربية من منطقة الدراسة وأدناها في الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية بسبب ارتفاع معدل سرعة الرياح في هذه المناطق، إذ تعمل الرياح بالتوافق مع ارتفاع درجات الحرارة على خفض معدل الرطوبة النسبية، الشكل (23).



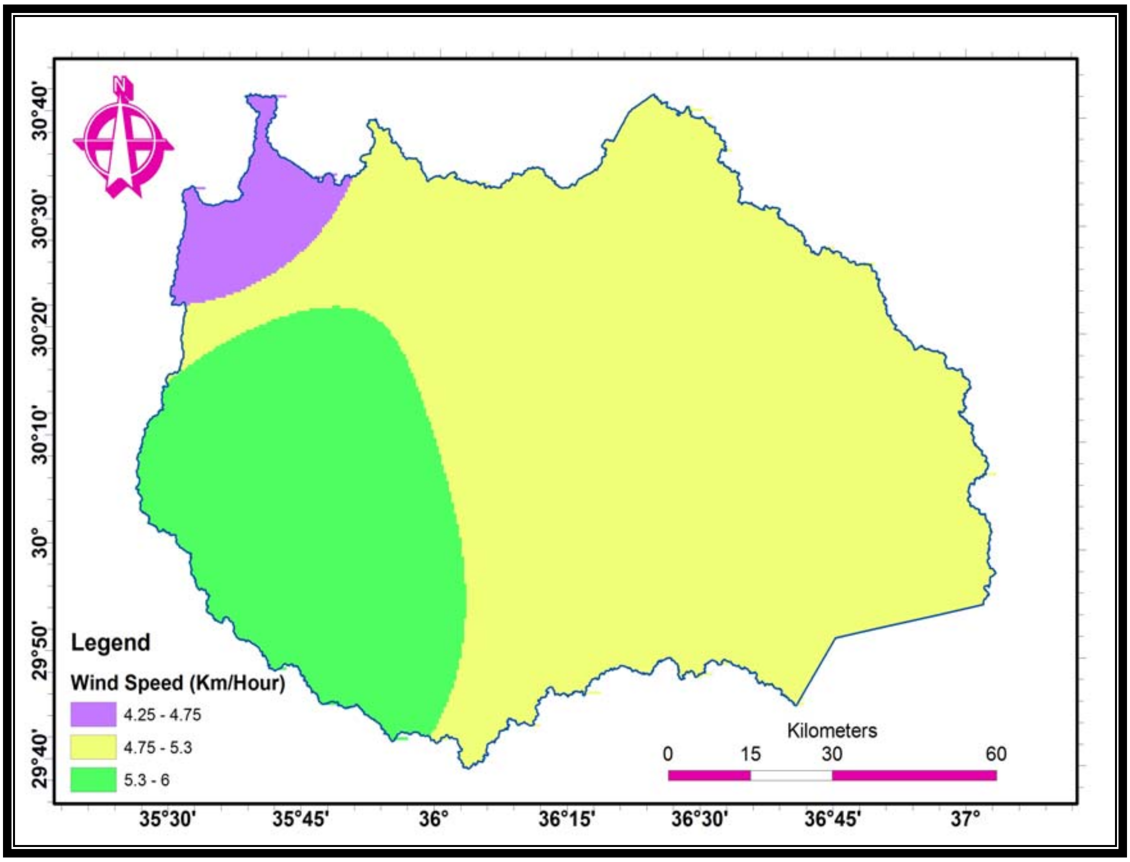
الشكل(23) الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

وإذا ما أردنا تحسين ظروف منطقة الدراسة البيئية فمن المفترض وجود مشاريع بيئية متكاملة تجمع بين مشاريع الحصاد المائي والتوسع في زراعة الاشجار والنباتات الصحراوية.

5:2:4:2 سرعة الرياح واتجاهها:

إتجاه الرياح السائده في منطقة الدراسة هو شمالي غربي في فصل الشتاء يتغير إلى شمالي في فصل الصيف، كما تتأثر منطقة الدراسة بهبوب الرياح الجنوبية الشرقية المحملة بالأتربة وتتميز بارتفاع درجة حرارتها خاصة في الفترات الانتقالية من السنة (الربيع والخريف). وبشكل عام تتصف الرياح التي تهب على منطقة الدراسة ببرودتها وجفافها شتاءاً، وارتفاع درجة حرارتها وجفافها صيفاً، كما يتراوح المعدل العام لسرعة الرياح في منطقة الدراسة للفترة (1970 – 2011) مابين 4 و 6 كم / ساعة ، الشكل (24). وهذا يؤدي بما لا يدعو للشك إلى إفقاد الغلاف الجوي لحوض الجفررطوبته المنخفضة نسبياً.

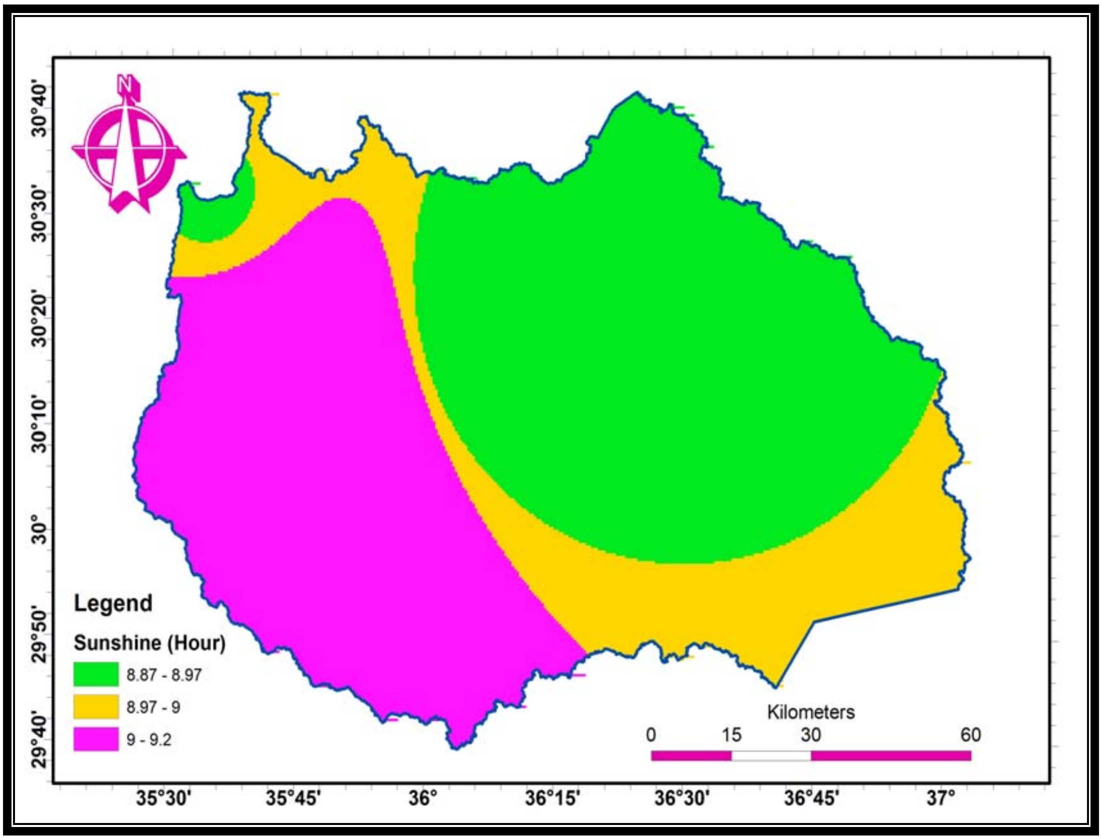


الشكل (24) سرعة الرياح في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

6:2:4:2 فترات سطوع الشمس :

تسجل أقصى مدة لسطوع الشمس في منطقة الدراسة في شهر تموز 12.5 ساعة / يوم، بينما تسجل أدنى مدة يومية لسطوع الشمس في شهر شباط 7.1 ساعة / يوم. كما يبلغ معدل ساعات سطوع الشمس في منطقة الدراسة 9.04 ساعة / يوم، الشكل (25).



الشكل (25) المعدل اليومي لساعات سطوع الشمس في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دارة الأرصاد الجوية)

وبشكل عام فإن معدل ساعات سطوع الشمس مرتفعة في منطقة الدراسة وهذا يعطي دليلاً على ارتفاع المعدل العام للتبخر الكامن، وإنخفاض الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة ، وبالتالي يجب أخذ ذلك بالاعتبار عند تنفيذ مشاريع الحصاد المائي في منطقة الدراسة.

5:2 الغطاء النباتي في منطقة الدراسة :

1:5:2 النبات الطبيعي في منطقة الدراسة :

يتوزع الغطاء النباتي الطبيعي بشكل عام في منطقة الدراسة بشكل يتطابق مع التوزيع الزماني والمكاني للأمطار ، والى حد كبير مع توزع أنواع الترب في منطقة الدراسة . كما يتفق ذلك مع التصنيف المناخي الذي قام به الباحث لمنطقة الدراسة حيث تتبع منطقة الدراسة إقليم المناطق الجافة بشكل عام ، والإقليم شبه الجاف في المرتفعات الغربية.

وتبين من تصنيف الغطاء الأرضي (Land Cover)، واستخراج معامل النبات (NDVI)، وإعداد خريطة التربة أن منطقة الدراسة ذات غطاء نباتي طبيعي فقير إلى فقير جداً.

وبما يخدم الهدف الرئيسي للدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في منطقة الدراسة تبين أن الغطاء النباتي الطبيعي ليس له تأثير واضح على الجريان المائي السطحي وبناءً على ما تقدم قام الباحث بتصنيف النباتات الطبيعية في منطقة الدراسة إلى ثلاث أصناف :

1:1:5:2الغابات :

وجد من من خلال اعداد معامل النبات (NDVI) ان مساحة الغابات في منطقة الدراسة لا تتجاوز 7.6كم2، الجدول (9)، وتشكل هذه الغابات بقايا غابات بلوط السنديان دائمة الخضرة (Quercus Coccifera)المتناثرة على مساحات ضيقة على سفوح المرتفعات الغربية جنوب وجنوب شرق، وغرب وجنوب غرب الشوبك. كما تنتشر على المرتفعات إلى الغرب من عرجا أبو علق ،الملحق رقم (13-1) .

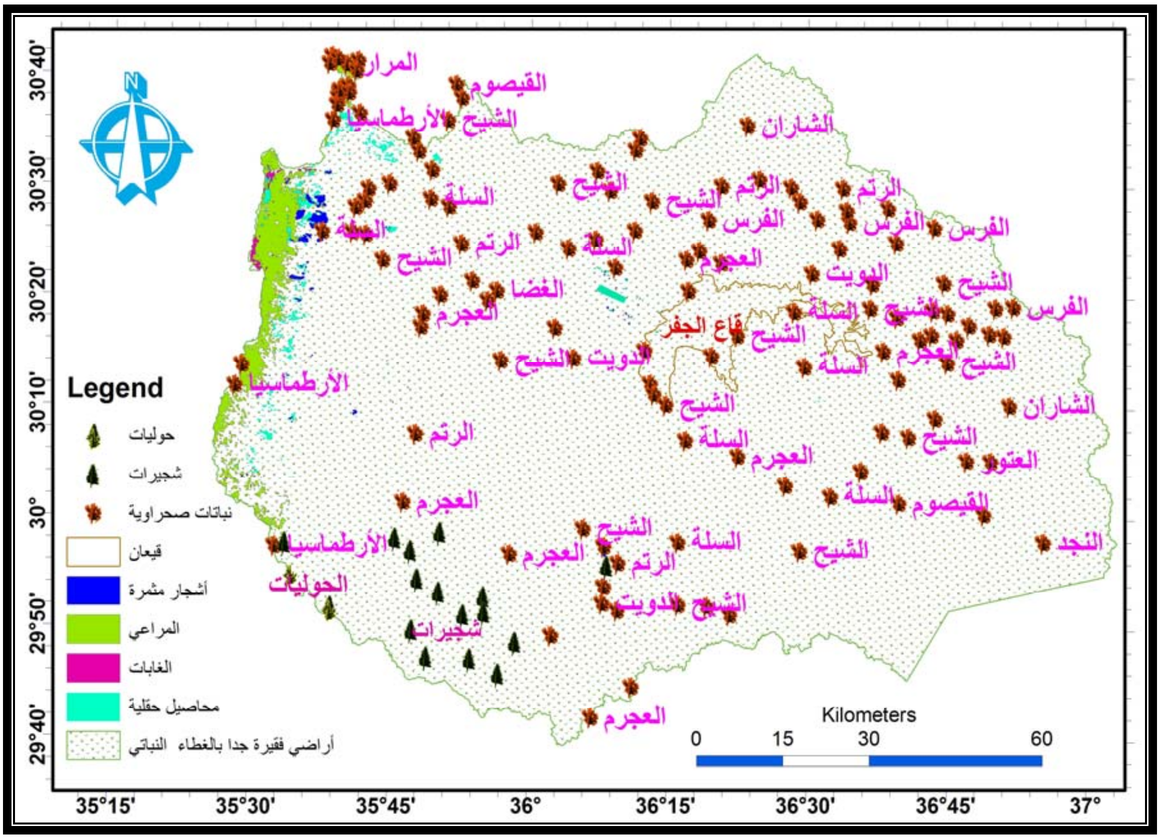
الجدول (9) مساحة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة

نوع الغطاء النباتي	المساحة(كم^2)
الغابات	7.6
الاستبس (الحشائش)	209.2
النباتات الصحراوية	11745.8
الأشجار المثمرة	20.4
المحاصيل الحقلية	54.6
الخضروات	7.4
المجموع	12045

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS))

كما تنتشر بقايا غابات بلوط السنديان دائمة الخضرة على بعض منحدرات جبل الطاعطة ضمن مساحات محدودة جدا،وتنتشر ضمن هذه المناطق بقايا الاشجار متساقطة الاوراق

كالزعرور (Crataigus Azarulus) وغيرها ، ويتراوح ارتفاع المناطق التي تنتشر فيها هذه الانواع من الغابات ما بين 1300 و1500 م فوق مستوى سطح البحر. الشكل (26).



الشكل (26) الغطاء النباتي الطبيعي والاراضي الزراعية في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (NDVI-ENVI4.6) وبالاعتماد على عدة مصادر)

2:1:5:2حشائش الاستبس :

تشكل هذه الحشائش المناطق الرعوية في حوض الجفر والتي تتركز على المرتفعات الغربية بشكل يتوافق مع ظروف المناخ ونوع التربة، وتشكل مساحة المناطق التي تشغلها هذه الحشائش حوالي 209.2كم2 بنسبة 1.74 % من مساحة منطقة الدراسة، ومن النباتات الأكثر انتشارا ضمن هذا النطاق نباتات البحر المتوسط الجافة الارطماسيا (Artemisia) ، الملحق رقم (2-13) .

3:1:5:2النباتات الصحراوية :

إذا ما تم استثناء المساحات التي تشغلها حشائش الاستبس والأراضي الغابية التي تقدر مساحتها بـ (216.8كم2) ، كذلك الأراضي المستخدمة في زراعة المحاصيل الحقلية كالقمح والشعير ، والأراضي المزروعة بالخضراوات والأشجار المثمرة والتي تصل مساحتها (82.4كم2) فان باقي اجزاء حوض الجفر والبالغة (11745.8كم2) والتي تشكل 97.5% من مساحة منطقة الدراسة تنتشر فيها العديد من النباتات الصحراوية بشكل متناثر هنا وهناك. كما تبين من خلال

استخراج معامل النباتات (NDVI) إمكانية تصنيف المناطق الجافة، وتوزع النباتات الصحراوية فيها على النحو الآتي :

1- القيعان والخباري: وجد أن القيعان التي تنتشر في منطقة الدراسة كقاع الجفر وقيعان ودعة وغيرها من القيعان بالإضافة إلى الخباري كخباري الغوير والعيرية وغيرها هي مناطق خالية من الغطاء النباتي ويعود ذلك إلى جفاف التربة في القيعان نتيجة التبخر الشديد الناتج عن ارتفاع معدل درجة الحرارة في منطقة الدراسة بالإضافة إلى ارتفاع معدل الملوحة في التربة التي تتكون منها الخباري .

2- الأراضي الصخرية والحصوية وبعض الحافات الصخرية: تعتبر هذه المناطق خالية وعارية من الغطاء النباتي نتيجة ظروف الجفاف وخلوها من غطاء التربة.

3- الأراضي الفقيرة والفقيرة جدا بالغطاء النباتي وتشمل :

أ- الأودية الصحراوية : تنتشر مجموعات من النباتات الصحراوية التي تأقلمت مع ظروف الجفاف في بطون الاودية التي تملأها الرواسب فنجد الرتم (Retama) ، الشيح (Shih) ، الشوكة (Shoke) ، العتور (Atoor) ، العجرم (Ajram) والقيصوم (Gaisum) تنتشر بشكل متناثر في الاودية الصحراوية المنحدرة باتجاه قاع الجفر من الجهة الشرقية . أما الاودية المنحدرة من الجهة الغربية صوب قاع الجفر فتنتشر فيها بعض النباتات الصحراوية بشكل أكثر كثافة من الجهة الشرقية مثل الرتم (Retama) ، الشيح (Shih) ، الدويت (Duwait) ، العجرم (Ajram) ، والغضا (Qada) ، السلة (zilla) . كما تنتشر الارطماسيا (Artemisia) والهاليكسيون (Haloxylon) في الإجراء العليا من الأودية الغربية ، وتنتشر بشكل مبعثر نباتات مثل الفرس (Faras) ، الشاران (Sharan) ، الخداد (khidad) ، الشيح (Shih) ، الدويت (Duwait) ،العجرم (Ajrom) والسله (zilla) في الأودية المنحدرة من الجهة الجنوبية صوب قاع الجفر .

ب. السفوح التلية والجبلية التي يقل ارتفاعها عن 1300م فوق مستوى سطح البحر:

تنشر بعض الحوليات والشجيرات المتفرقة (Artemisia). على السفوح التلية والجبلية الغربية، والجنوبية الغربية كتلال البتراء، تلال رأس النقب القبلية، جبل ابو حمام ، جبل أبو طاحونه، وجبل كش البتراء وغيرها .

ج. المسطحات الفيضية على أطراف قاع الجفر والمراوح الفيضية: تنتشر فيها بعض أنواع النباتات الصحراوية مثل السلة (Zilla) ، الشيح (Shih) ، القيصوم (Gaisum) ، العجرم (Ajram) ، الدويت (Duwait) وغيرها .

مما سبق نجد عدم وجود تباين كبير في انواع النباتات الصحراوية المنتشره في معظم أجزاء منطقة الدراسة ، وبشكل عام يفضل اقامة مشاريع الحصاد المائي ضمن المناطق الرعوية وهذا ما تم أخذه بعين الاعتبار عند وضع المعايير المتعلقة بتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر وذلك مراعاة للعوامل الاقتصادية والاجتماعية المتعلقة باختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي ، ويبين الملحق (3-13) بعض مناطق انتشار النباتات الصحراوية في حوض الجفر .

2:5:2الأراضي الزراعية في منطقة الدراسة :

نظرا لظروف الجفاف التي تسود منطقة الدراسة من انخفاض في معدلات الإمطار، ارتفاع معدل درجات الحرارة وارتفاع معدل التبخر فان النشاط الزراعي محدود، حيث لا تتجاوز مساحة الأراضي الزراعية 82.4 كم2 بنسبة 0.7% من مساحة حوض الجفر. وتشكل زراعة المحاصيل الحقلية كالقمح والشعير 54.6 كم2 والتي تنتشر ضمن نطاق الأمطار 100-200 ملم فوق المرتفعات الغربية من منطقة الدراسة . كما تشكل زراعه الأشجار المثمرة 20.4 كم2 والتي تنتشر في معظمها في المرتفعات الجبلية العالية أكثر من 1400 م فوق مستوى سطح البحر، وتزيد في الغالب معدلات أمطارها عن 200ملم، في حين لم تتجاوز مساحة المناطق المزروعة بالخضروات 7.4كم2 وتنتشر حول التجمعات السكانية في الأجزاء الغربية من حوض الجفر.

كما تنتشر مساحات من الأراضي الزراعية كزراعة الخضراوات والأشجار المثمرة في الطرف الشمال الغربي من قاع الجفر إلى الجنوب من بلدة الجفر و الى الشمال الغربي من قاع الجفر في مناطق تجمع الرواسب والتي تعتمد على الرّي من المياه الجوفية المستخرجة من حوض الجفر الجوفي، الشكل (26).

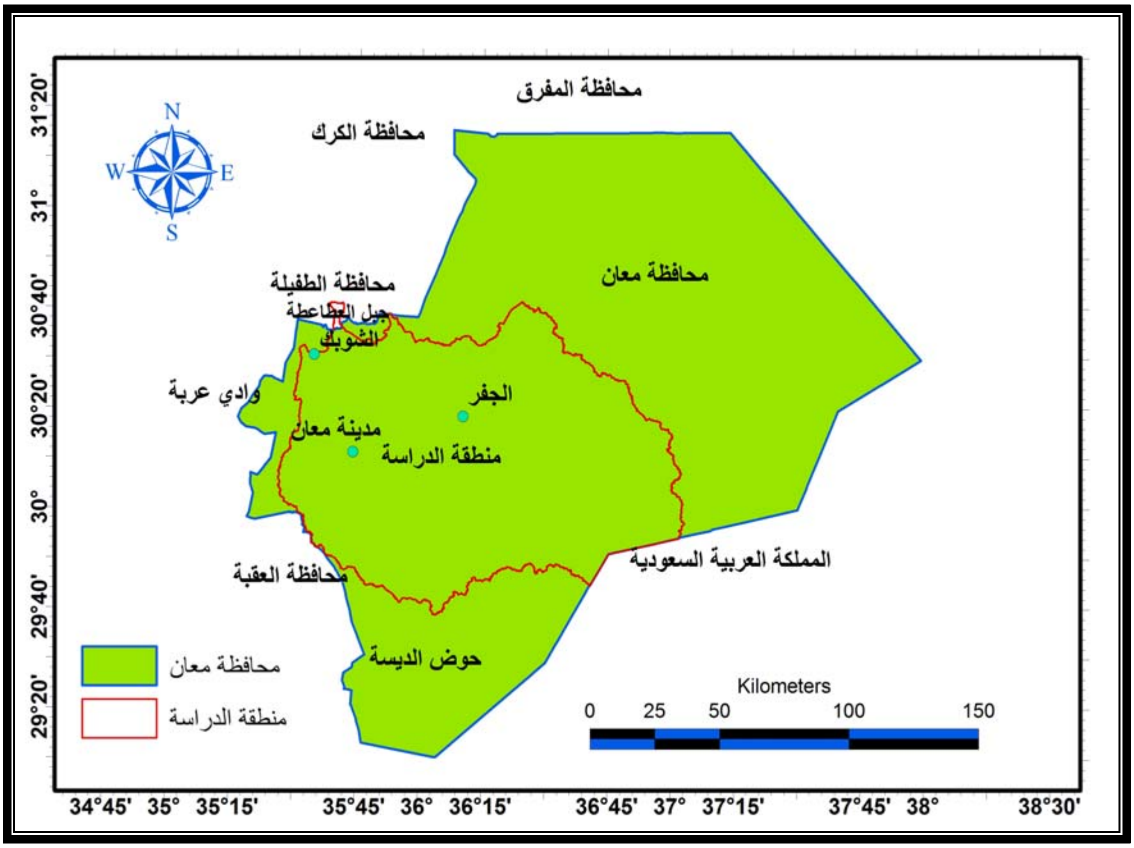
6:2 الخصائص السكانية والعمرانية في منطقة الدراسة:-

تعتبر الخصائص البشرية ذات أهمية كبيرة في اتخاذ القرار المكاني ، إذ لا تقل أهميتها عن أهمية الخصائص الطبيعية كمعيار أساسي في تقييم احتمالية الحصاد المائي في أي مكان في العالم ، وبالتالي فقد قام الباحث بتحديد أهم الخصائص البشرية في منطقة الدراسة والمتمثلة بالتجمعات السكانية والعمرانية ، طرق النقل بأنواعها المختلفة ، المباني التاريخية كالقلاع أو الحالية كالجامعات ، مراكز الخدمات الأخرى التي تقع خارج التجمعات السكانية بالإضافة إلى المناطق الصناعية التحويلية والاستخراجية .

حيث يتطلب تحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي اختيار الموقع الأمثل ضمن مسافة معينة من الظواهر البشرية من خلال تحديد ما يسمى الحرم (Buffer) ضمن مسافات معنية بالنسبة لهذه الظواهر. وهذا ما سيتم تفسيره لاحقاً عند تناول موضوع اتخاذ القرار المكاني والمعايير المتعلقة بذلك هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى أن الغرض من إنشاء مشاريع الحصاد المائي هو توفير المياه لسكان المناطق الجافة بالإضافة للأنشطة البشرية ضمن هذه المناطق لذا فقد رأى الباحث ضرورة تناول الخصائص البشرية في حوض الجفر .

1:6:2 السكان والمساكن :

يعتبر حوض الجفر جزءاً من محافظة معان ، والبالغة مساحتها 33109.8 كم2 حيث تشكل منطقة الدراسة 36.3% من مساحة محافظة معان باستثناء منطقة جبل العطاعطة الواقعة إلى الشرق من منطقة القادسية والتي تبلغ مساحتها 30.6كم2 والتي تتبع محافظة الطفيلة والتي لا تشكل سوى 0.25% من مساحة منطقة الدراسة، الشكل (27) .

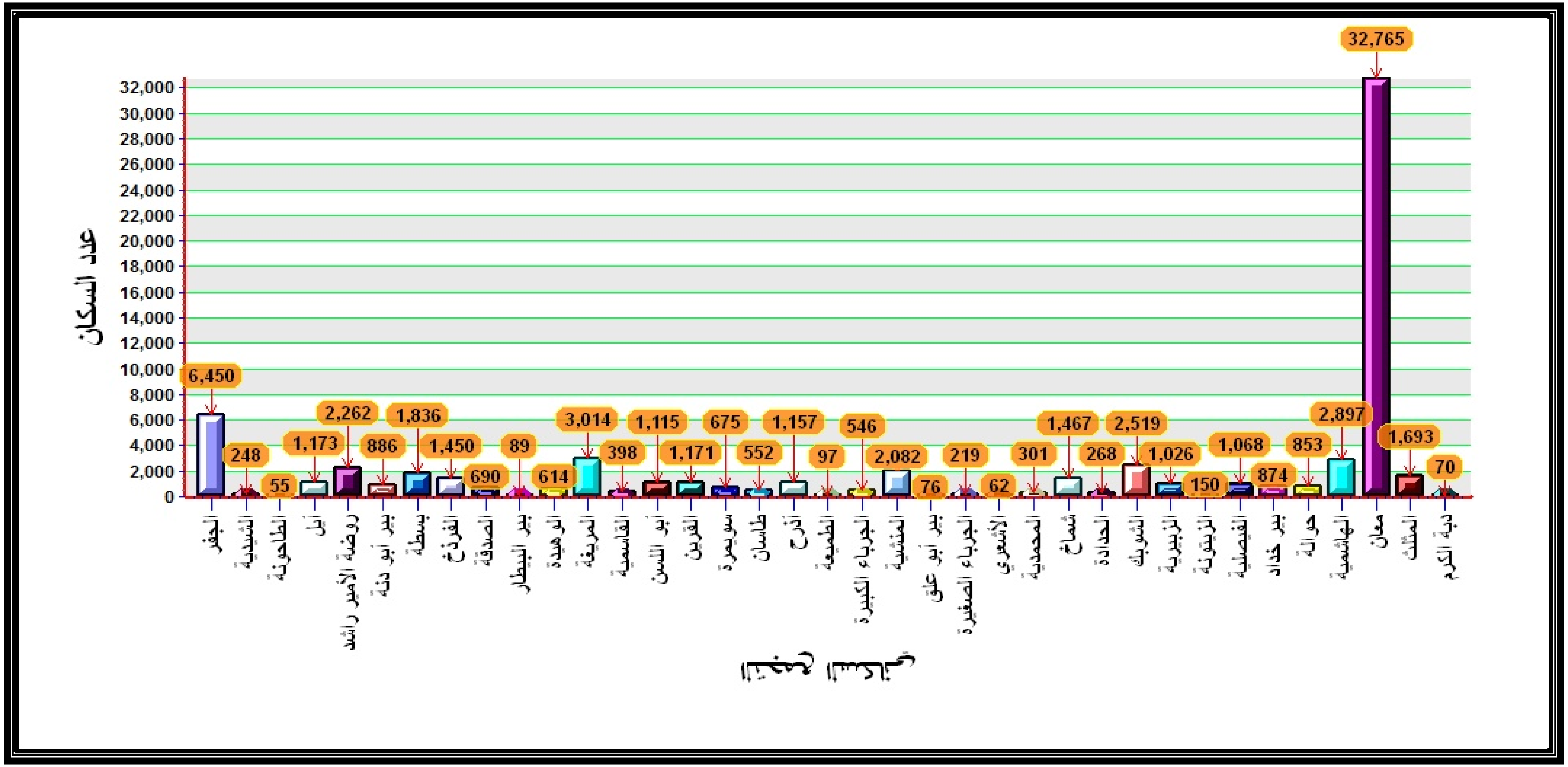


الشكل (27) موقع منطقة الدراسة بالنسبة لمحافظة معان

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دائرة الاحصاءات العامة ووزارة البلديات الأردنية)

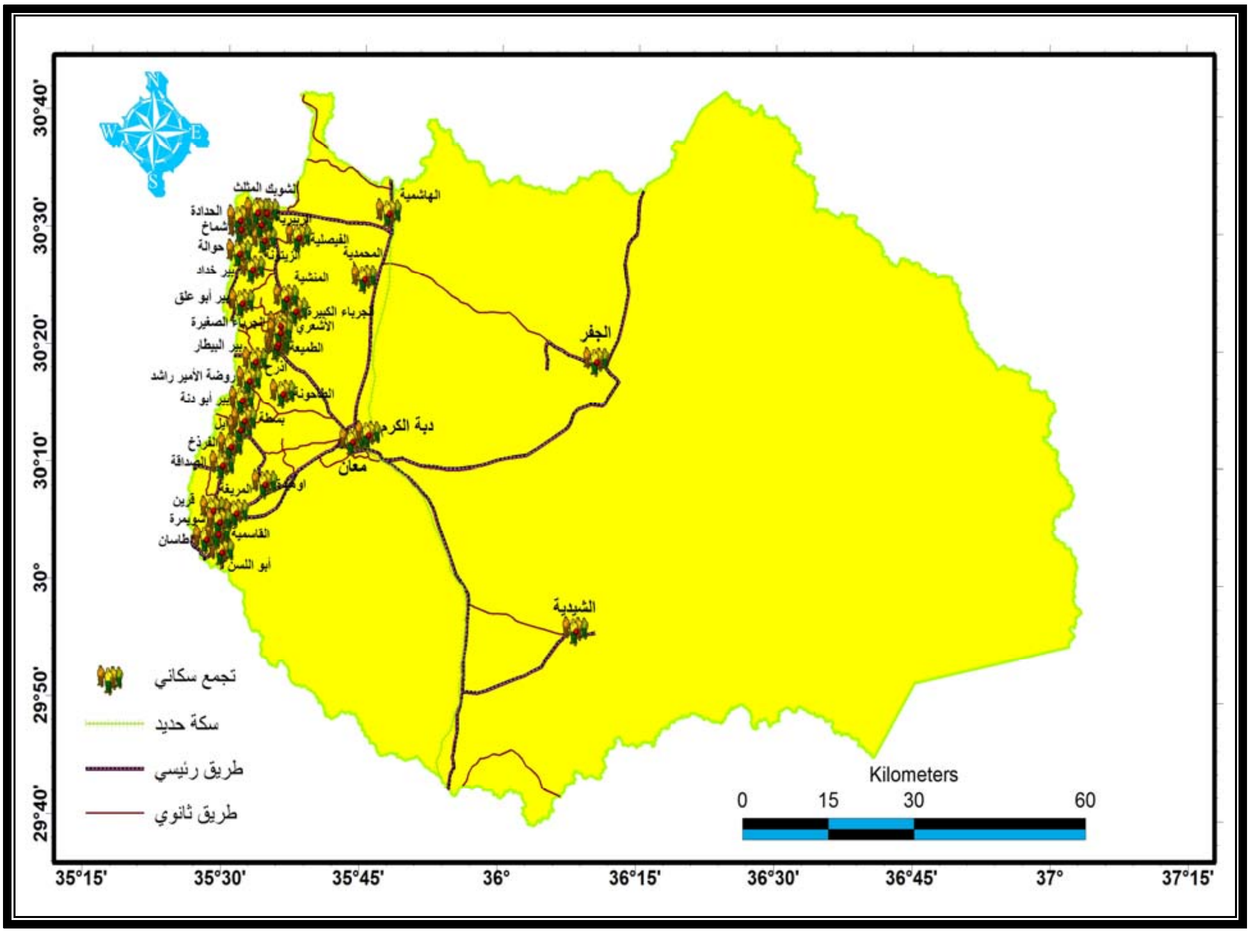
ويبلغ عدد السكان منطقة الدراسة 72868 نسمة بنسبة 85.1% من عدد سكان محافظة معان حيث يبلغ مجموع سكان المحافظة 85600 نسمة، (دائرة الإحصاءات العامة، 2010) ، الشكل (28).

ويتوزع معظم السكان في منطقة الدراسة في الأجزاء الغربية بما يتوافق مع توزيع الإمطار واعتدال درجات الحرارة، الشكل (29) .



الشكل (28) توزع السكان في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دائرة الاحصاءات العامة)



الشكل (29) التجمعات السكانية في منطقة الدراسة

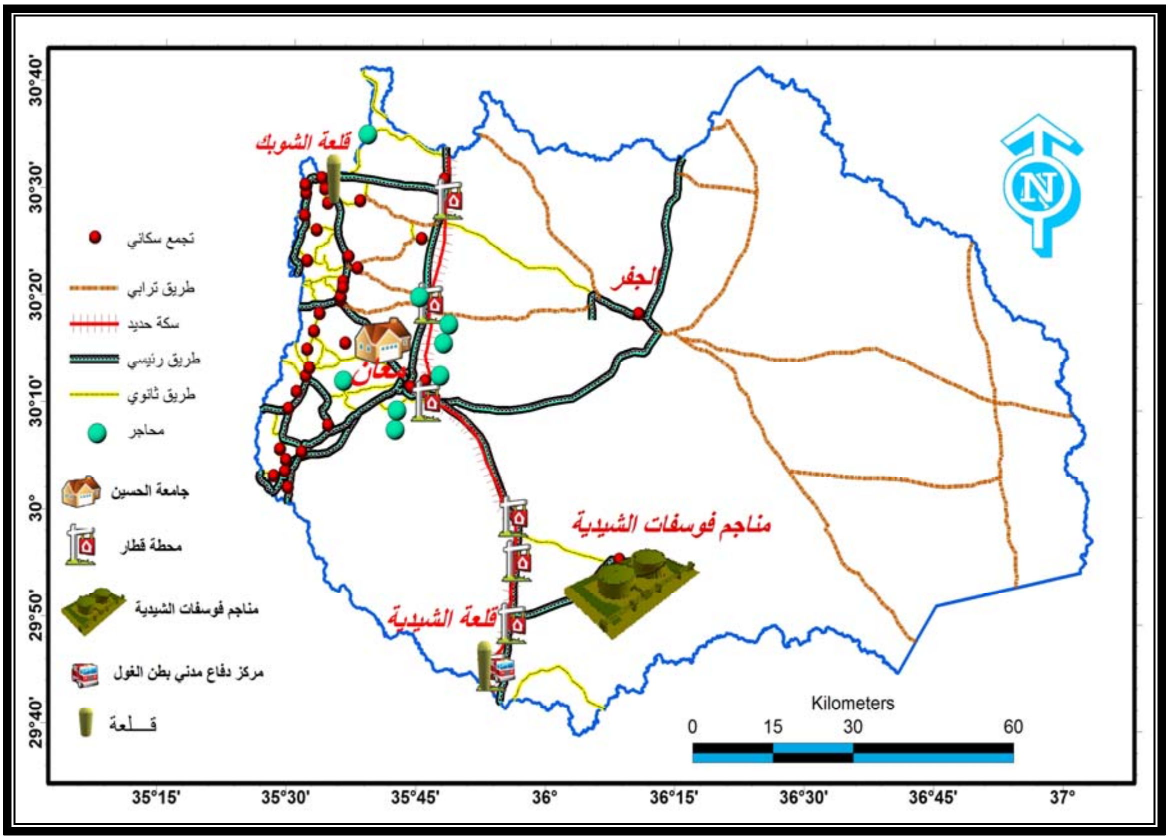
(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات دائرة الاحصاءات العامة والمرئيات الفضائية)

ويتضح من الشكل (29) أن توزع السكان في منطقة الدراسة يظهر على شكل تجمعات سكانية تتناسب مع الظروف التضاريسية، المناخية والتربة في منطقة الدراسة حيث نجد أن مساحات واسعة من منطقة الدراسة لا يظهر فيها أي تجمع سكاني بسبب الظروف الطبيعية وظروف الجفاف السلبيين والسائدين في حوض الجفر بشكل خاص، وفي محافظة معان بشكل عام حيث تظهر أعلى كثافة سكانية في الأجزاء الغربية والتي يزيد ارتفاعها عن 1000م فوق مستوى سطح البحر، باستثناء بعض التجمعات السكانية كما هو حال في بلدة الجفر والتي يقل ارتفاعها عن 850م، والشيدية على ارتفاع 900م فوق مستوى سطح البحر .

ويفضل عادة اقامة مشاريع الحصاد المائي خارج التجمعات السكانية لمسافة لا تقل عن (500م) لاعتبارات اقتصادية واجتماعية وهذا ما تم أخذه بعين الاعتبار عند تحديد معايير القرار المكاني المتعلق باقامة مشاريع الحصاد المائي .

2: 6: 2 البنية التحتية والأنشطة والظواهر البشرية المختلفة :

قام الباحث بتحديد البنية التحتية كالخدمات المنشره في منطقة الدراسة والتي تتعلق بوسائل النقل كالطرق الرئيسة ،الثانوية والترابية، بالإضافة خط سكة الحديد الأردني الحجازي والتي يتوافق توزيعها مع التوزع السكاني بغرض اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي بعيدا عن مواقع انتشارها . كذلك الحال بالنسبة لمواقع الخدمات الأخرى كجامعة الحسين ومراكز الدفاع المدني التي تقع خارج نطاق التجمعات السكانية . كما قام الباحث بتحديد مواقع الأنشطة الصناعية كالمحاجر ، مصنع فوسفات الشيدية والمناجم التابعة له . بالإضافة للقلاع ، القصور التاريخية والمحطات المنتشرة على جوانب الخط الحديدي الأردني الحجازي وغيرها من المظاهر العمرانية . من أجل تحقيق أهداف الدراسة وبما لا يعيق عملية اتخاذ القرار المكاني الأمثل ، الشكل (30).



الشكل (30) توزع الخدمات والأنشطة والظواهر البشرية في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS) وبالاعتماد المرئيات الفضائية)

الفصل الثالث

جيومورفولوجية حوض الجفر

1:3 تمهيد

2:3طبوغرافية حوض الجفر

3:3الخصائص المورفومترية لحوض الجفر

4:3 الأشكال الأرضية في حوض الجفر

1:3 تمهيد :

يعرف حوض الجفر أنه مساحة من اليابسة تتشكل من شبكة من الأودية الرئيسية والفرعية التي تنتهي إلى قاع الجفر والقيعان الاخرى والتي تقع في المناطق المنخفضة من الحوض. وتبين من خلال إعداد خرائط الشبكة المائية والاحوض الثانوية ان بيئة المصب (Mouth Area) تقع عند مستوى اساس (Base Level) محلي أو داخلي وهو القيعان التي تشكل المناطق المنخفضة من حوض الجفر.

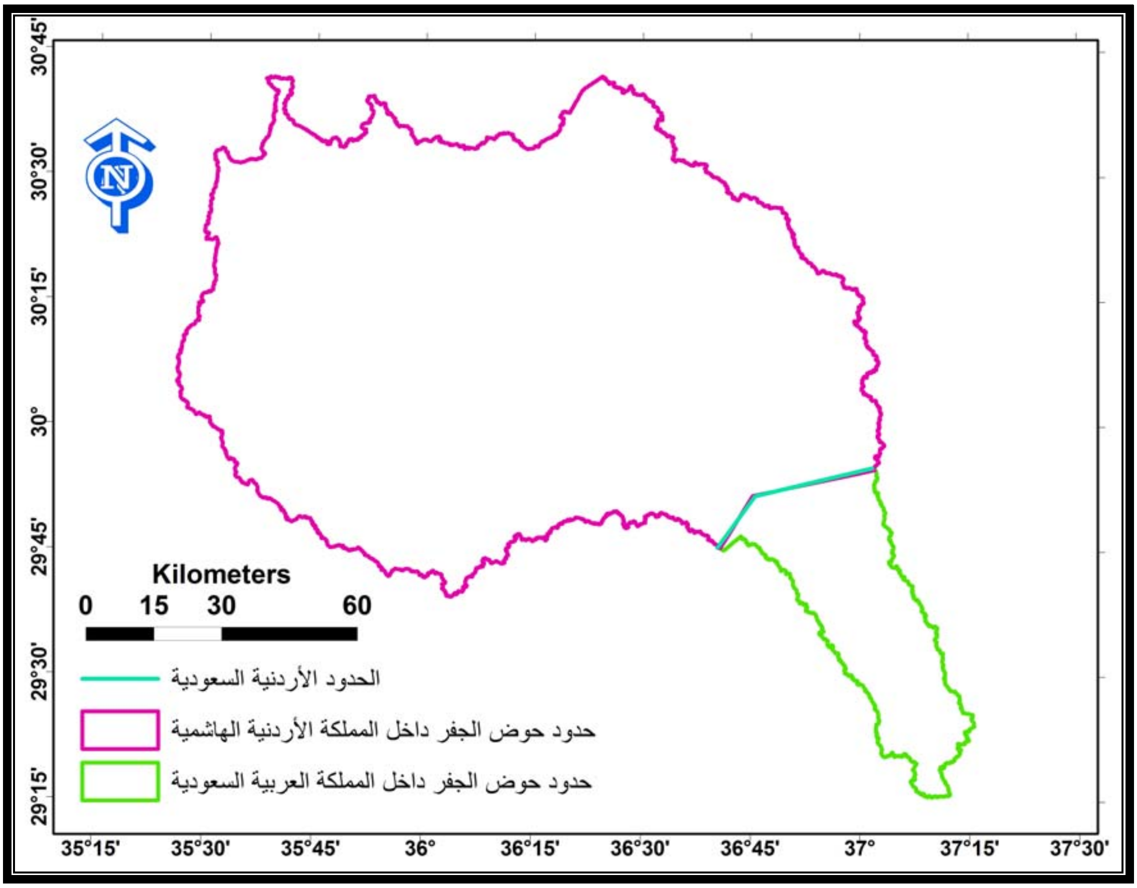
وتعود أهمية دراسة حوض الجفر والأحواض الثانوية التي تشكله الى الأهمية الكبيرة التي تحتلها الاحواض المائية في دراسات الحصاد المائي على اعتبار أنه لا يمكن اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي دون الأخذ بالاعتبار الخصائص الهيدرولوجية المرتبطة بمدخلات الدورة الهيدرولوجية والمتمثلة بالموازنة المائية لتحديد الفائض او العجز والجريان المائي، وبالتالي اتخاذ القرار المناسب لتحديد افضل المواقع لاقامة مشاريع الحصاد المائي .

كما ترتبط أهمية الدراسة الجيومورفولوجية لحوض الجفر الى وجود عدد من الاحواض المائية الفرعية والتي تشكل بيئات تغذية مائية ورسوبية للمجاري المائية القنوية، وهذا يجعل معظم مساحة الحوض الرئيسي تتبع واحداً من الأحواض المائية الفرعية والتي تتباين في خصائصها المناخية، الهيدرولوجية، الجيولوجية، خصائص التربة ، الأشكال الارضية وتوزيع النباتات .

ويرى الباحث هنا الأهمية الكبيرة التي توفرها الدراسة الجيومورفولوجية التفصيلية لحوض الجفر كواحدة من المدخلات (Inputs) في اتخاذ القرار المكاني المناسب ، وبما يخدم الهدف الرئيسي من الدراسة في اختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي . وتبين أثناء اجراء الدراسة وجود خصوصية تميز حوض الجفر ، لذا فقد رأى الباحث تقسيم منطقة الدراسة الى عدد من الاحواض الفرعية مع الاخذ بالاعتبار البيئة الحوضية الرئيسية المتمثلة بحوض الجفر .

2:3 طبوغرافية منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي الشرقي من المملكة الأردنية الهاشمية كجزء من الصحراء الاردنية الجنوبية اذ تبلغ المساحة الكلية لحوض الجفر 13608.4كم2 ، وتشكل مساحة الحوض التي تقع داخل حدود الاردن والتي تمثل منطقة الدراسة 12045 كم2، وداخل المملكة السعودية 1563.5 كم2، الشكل (31).



الشكل (31) حدود منطقة الدراسة

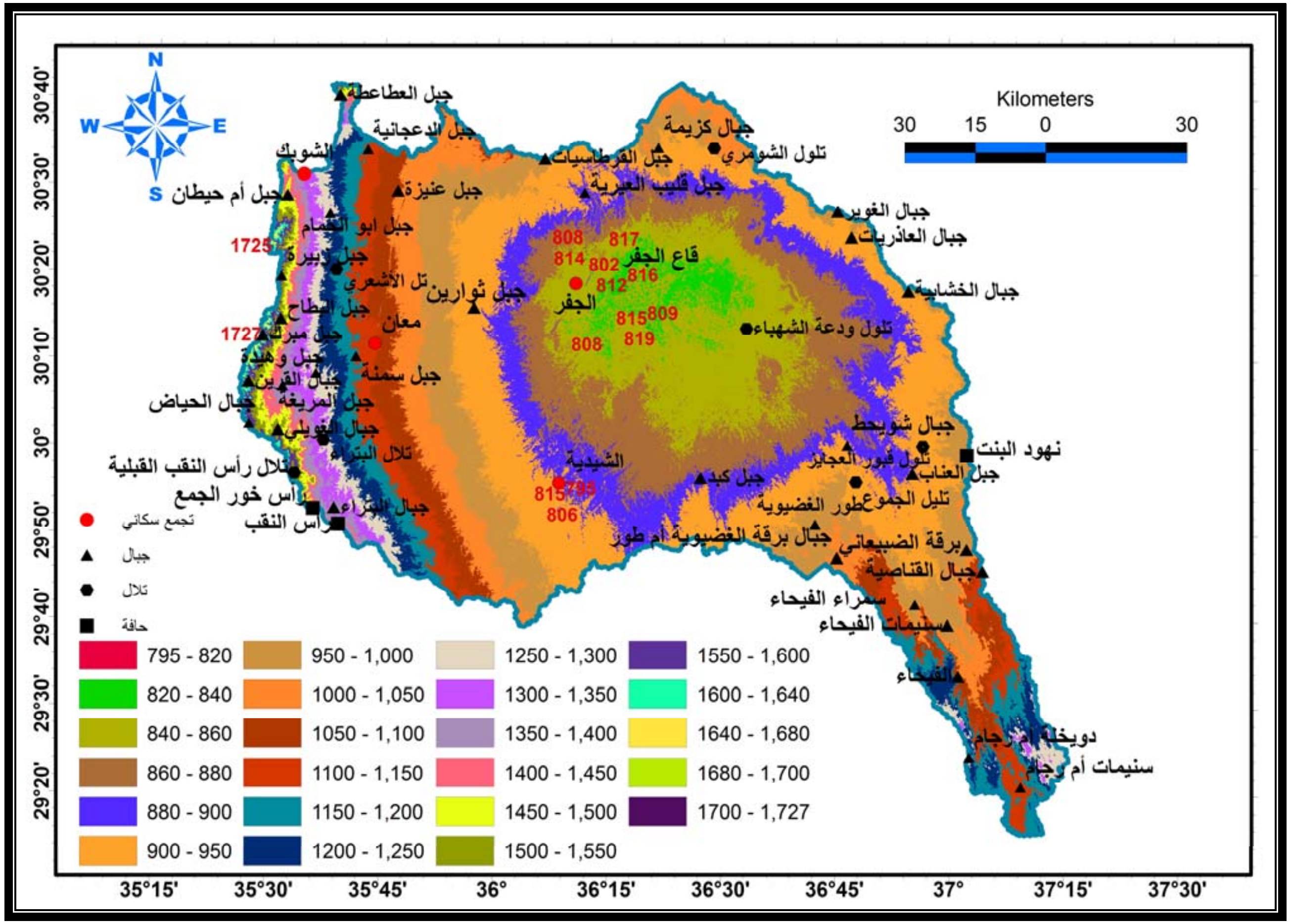
(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

ويمثل الجزء الواقع خارج حدود الأردن روافد وادي العناب والاجزاء الجنوبية والشرقية من وادي المناوخ في الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة.

ويبلغ ادنى ارتفاع في منطقة الدراسة (795 م) فوق مستوى سطح البحر الى الجنوب من مناجم الشيدية والتي تشكل مساحة محدودة وبشكل عام تمثل المنخفضات أبرز الأشكال الأرضية في قاع الجفر، حيث يتراوح الارتفاع ما بين (806م) في الاجزاء الغربية من قاع الجفر الى (840 م) فوق مستوى سطح البحر في الاجزاء الشرقية المحاذية لقاع الجفر، بينما يبلغ اعلى

ارتفاع في منطقة الدراسة (1725 م) فوق مستوى سطح البحر ضمن سلسلة المرتفعات الغربية في جبل المبرك شمال غرب جبال النويقة ، الشكل (32) .

وتتدرج الارتفاعات من قاع الجفر باتجاه المرتفعات الجبلية والمرتفعات التلية التي تحيط بقاع الجفر وبجميع الاتجاهات. ويبلغ أعلى ارتفاع بالاتجاه شرقا من قاع الجفر في جبال الخشابية والتي ترتفع (960 م) فوق مستوى سطح البحر، كما يبلغ أعلى إرتفاع في حوض الجفر في الجزء الجنوبي الشرقي داخل الحدود السعودية في جبل الشهيبة 1360 م فوق مستوى سطح البحر، وبإتجاه جنوبا من قاع الجفر نجد ان أعلى ارتفاع يبلغ (940 م) فوق مستوى سطح البحر في الجزء الجنوبي من جبل كبد في جبل طارة كبد . اما الجهة الجنوبية الغربية فيبلغ أعلى ارتفاع (1640 م) فوق مستوى سطح البحر في جبال الغويلي شمال شرق رأس النقب. بينما في الجهة الغربية من قاع الجفر فيوجد اعلى ارتفاع كما ذكر سابقا ضمن سلسلة الجبال الغربية حيث يبلغ اعلى ارتفاع في منطقة الدراسة (1725 م) فوق سطح مستوى البحر في جبل المبرك، اما في الجهة الشمالية الغربية من قاع الجفر فيبلغ أعلى ارتفاع (1600م) فوق مستوى سطح البحر في جبل العطاعطة . وبالاتجاه شمالا من قاع الجفر يبلغ أعلى ارتفاع (1040 م) فوق مستوى سطح البحر في الجزء الأعلى من حوض وادي الشومري . اخيرا يبلغ أقصى ارتفاع في الجزء الشمالي الشرقي في جبال الغوير (980 م) فوق مستوى سطح البحر.



الشكل (32) مناسيب الارتفاع في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

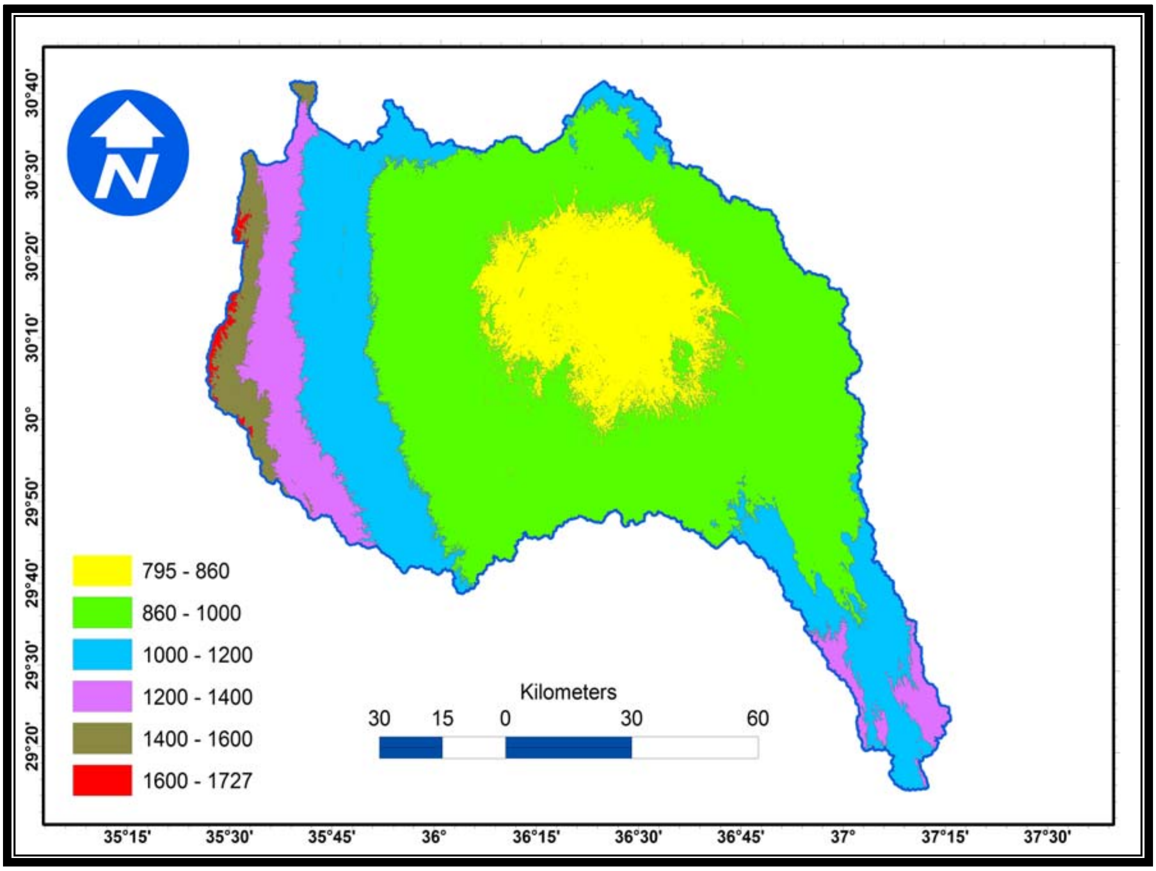
وللحصول على صورة أكثر دقة عن توزيع الارتفاعات في حوض الجفر حسب المساحات التي يمثلها كل ارتفاع، فقد قام الباحث باعادة تصنيف الارتفاعات الى فئات،الجدول (10).

الجدول رقم (10) تصنيف الارتفاعات من حيث المساحة في حوض الجفر

الارتفاع (م)	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية (%)
اكبر من 1600	3 .51	0.38
1400 – 1600	416.5	3.06
1200 – 1400	1167.00	8.58
1200-1000	2843.600	20.9
1000-850	7237.18	53.18
860-795	1893	13.9
المجموع	13608.4	100

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

ويتضح من الجدول (10) وجود نطاقات ضيقة ضمن منطقة الدراسة يزيد ارتفاعها عن 1600 م، توجد ضمن سلسلة المرتفعات الغربية والتي تصل في ذروتها الى 1725 م . كما وجد ان ما يزيد عن 53 % من مساحة حوض الجفر يتراوح الارتفاع فيها بين 850-1000 م، والتي تقع في النطاق الذي يحيط بقاع الجفر والقيعان الأخرى حيث تتدرج الارتفاعات ابتداء من 808 م في قاع الجفر الى 1000 م على بعد حوالي 34.5 كم بالاتجاه غربا ، وحوالي 30 كم بالاتجاه شرقا من قاع الجفر. كما يتدرج الارتفاع من 850 م في قيعان ودعه جنوب شرق قاع الجفر الى أكثر من1000 م على بعد 70 كم جنوب شرق الجفر داخل الحدود السعودية، الشكل (33).



الشكل (33) تباين الارتفاعات في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

و تتركز معظم السلاسل الجبلية التي يزيد ارتفاعها عن (1400م) في الاجزاء الغربية والجنوبية الغربية من حوض الجفر، ابتداءا من جبل ام حيطان في الجهة الشمالية الغربية من حوض الجفر والذي يصل ارتفاعه (1506 م) فوق مستوى سطح البحر، ومن ثم يتدرج الارتفاع بالاتجاه جنوبا من جبل ام حيطان حيث جبل زبيره الذي يبلغ ارتفاعه (1540 م) فوق مستوى سطح البحر، وجبل البطاح بالاتجاه جنوبا (1604 م)، والى الجنوب الغربي من جبل البطاح توجد أعلى قمة ضمن حوض الجفر وهو جبل مبرك 1725 فوق مستوى سطح البحر .

و يبدا التناقص التدريجي في الارتفاع نحو الجنوب الغربي حيث جبال القرين (1660م) وبالاتجاه اكثر جنوبا (1552 م) في جبل البتراء الغربي .

كما تنتشر ضمن حوض الجفر الأشكال الأرضية التلية التي تتباين في إرتفاعاتها ما بين 840 م فوق مستوى سطح البحر في تلال ودعة الشهباء جنوب شرق قاع الجفر، و 1620م فوق مستوى سطح البحر في تلال رأس النقب القبلية جنوب غرب منطقة الدراسة. ومن الاشكال الطبوغرافية الاخرى التي تنتشر في حوض الجفر رأس فضيحة على ارتفاع 1400 م على بعد

1.5 م الى الشرق من أيل ، ورراس خور الجمع الذي يرتفع 1440 م فوق مستوى سطح على بعد 4.1 كم الى الغرب من جبال البتراء،و رأس النقب الذي يرتفع 1380 م فوق مستوى سطح البحر على بعد 3.4 كم جنوب شرق جبال البتراء.

- المقاطع التضاريسية لحوض الجفر (Relief Profile):

قام الباحث برسم 81 مقطع تضاريسي عرضي وطولي تمثل معظم أجزاء منطقة الدراسة تشتمل على 18 مقطع عرضي لأجزاء منطقة الدراسة المختلفة وخط تقسيم المياه ، والقيعان التي تنتشر في منطقة الدراسة،كما تشتمل على 63 مقطع طولي تمثل معظم الاودية التي تنتشر في كل اجزاء منطقة الدراسة ، و تعكس المقاطع التضاريسية العرضية والطولية التوزع النسبي لمناسيب سطح الأرض في حوض الجفر من أوديه ، مرتفعات جبلية او تلية ، قيعان ، منخفضات وجروف وغيرها من المظاهر التضاريسية التي تنتشر في منطقة الدراسة ، وتخدم هذه المقاطع الى حد كبير الدراسة في تحديد استعمال الارض الأنسب بشكل عام، وفي تحديد المواقع الملائمة لإنشاء مشاريع الحصاد المائي بشكل خاص.

كما تقدم هذه المقاطع مؤشرات هامة لصناع القرار عن التغيرات التي طرأت على منطقة الدراسة والتي تعتبر استجابة للحركات التكوينية ، نوع الصخر والمناخ، وما يترتب على ذلك من تطبيقات هامة تخدم الدراسة القائمة والدراسات البيئية الأخرى في المناطق الجافة وشبه الجافة من خلال مقارنة مناسيب سطح الأرض، ومن أجل تحديد خصائص التضرس والانحدار.

وتعبر المقاطع التضاريسية من (1-16)، الملحق (1) عن التغيرات التي تطرأ على مناسيب سطح الارض والتغيرات في التضرس والانحدار ما بين المرتفعات الجبلية والتلية في منطقة الدراسة ، والتي قام الباحث برسمها ابتداءا من جبال العاذريات في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة ، و بالاتجاه غربا على طول المرتفعات الجبلية الواقعة أسفل خط تقسيم المياه، كما قام الباحث بتوجيه المقاطع نحو الأجزاء العليا من الأودية لإبراز التغيرات الذي تطرأ على مناسيب سطح الأرض بدقة عالية.

حيث تظهر هذه المقاطع تزايد مناسيب الارتفاع بالاتجاه غربا من حوالي 940 م فوق مستوى سطح البحر في جبال العاذريات الى ما يزيد عن 1040م فوق مستوى سطح البحر في جبال القرطاسيات ، والى حوالي 1600 م فوق مستوى سطح البحر في جبل العطاعطة أقصى الشمال الغربي من حوض الجفر. وبالاتجاه جنوبا من جبل العطاعطة حيث أعلى قمة في جبل المبرك 1725 م فوق مستوى سطح البحر اقصى غرب حوض الجفر، ثم تبدأ بعد ذلك المناسيب بالتناقص التدريجي الى حوالي 1625 فوق مستوى سطح البحر في جبال الغويلي في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة ، و يستمر التناقص التدريجي بالاتجاه نحو تلال رأس النقب

القبلية ، جبال البتراء ورأس النقب 1540م، 1420م ، 1300م فوق مستوى سطح البحر على التوالي . وبالاتجاه نحو الجنوب الشرقي من حوض الجفر يستمر تناقص المناسيب حيث جبال برقة الغضيوية أم طور داخل الحدود السعودية حوالي 1060 م فوق مستوى سطح البحر، وبالاتجاه نحو الشمال الشرقي في جبال الخشابية حوالي 950م فوق مستوى سطح البحر. وتتخلل المرتفعات الجبلية بعض الأشكال الارضية الأقل إرتفاعا كتلال الشومري، وتلال قبول العجايز حوالي 900 م، 940 م فوق مستوى سطح البحر على التوالي.

كما أعد الباحث مقطع تضاريسي على طول خط تقسيم المياه ابتداءا من جبال القرطاسيات بالاتجاه شرقاً وبالعودة الى نفس النقطة في جبال القرطاسيات، المقطع (17) ، الملحق (1) . ويتضح من خلال إعداد المقاطع التضاريسية تباين مناسيب سطح الارض ما بين 1725 فوق مستوى سطح الارض في جبل المبرك، و795م فوق سطح البحر في مناجم فوسفات الشيدية . أخيرا قام الباحث باعداد مقطع تضاريسي ما بين القيعان المنتشرة داخل حوض الجفر على ارتفاعات مختلفة، المقطع (18) ، الملحق (1) . ولإيجاد مدخل آخر هام لتحقيق اهداف الدراسة قام الباحث بإعداد (63 مقطع طولي) للأودية التي تمثل الشبكة المائية لمنطقة الدراسة، المقاطع (1 – 62)، الملحق (2) .

حيث وجد ا أن أبرز ما يميز الأودية المنتشرة في منطقة الدراسة هو ازدياد اطوالها حيث تزيد اطوالها في بعض الأحيان عن 85 كم كما هو الحال في وادي العناب الذي يقطع ما يزيد عن 85 كم من منطقة المنابع وصولا الى مستوى الاساس، وادي الجهدانية اكثر من 70كم ووادي جرذان اكثر من 90 كم . كذلك يتفاوت فرق الارتفاع ما بين مستويات الأساس والأجزاء العليا من الأودية ، فيبلغ على سبيل المثال فرق الارتفاع اكثر (600م) ما بين الاجزاء العليا ومستويات الاساس وخاصة في الاجزاء الشرقية من حوض الجفر والتي تعتبر الأكثر اهمية خاصة وأنها الاعلى أمطاراً ورطوبة مقارنة ببقية اجزاء منطقة الدراسة ، كما هو الحال بالنسبة لوادي جرذان والذي تبدأ منابعه من جبل البطاح اكثر من 1500 م فوق مستوى سطح البحر الى اقل من 900 في منطقة المصب في وادي الرتمة ولمسافة تزيد عن 90 كم .

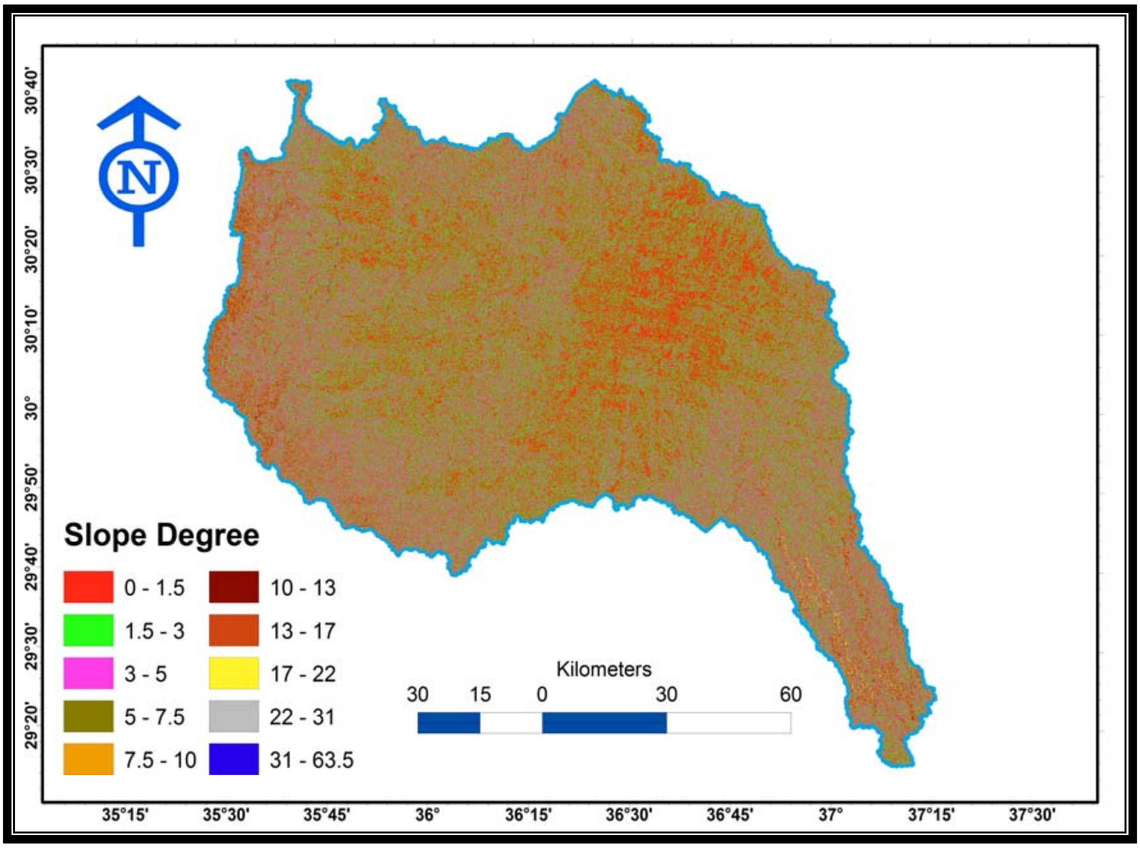
وهذا يعطي مؤشراً سلبياً تحاول الدراسة ابرازه ويجب مراعاته عند اتخاذ القرار المناسب للاختيار الأمثل لمواقع مشاريع الحصاد المائي، وهو أن حالة الجفاف المناخي التي تسود في معظم اجزاء منطقة الدراسة تزيد من الفاقد المائي اما بالتبخر او بالتسرب مع زيارة اطوال الأودية،وبالتالي لابد من اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي بحيث لا نسمح بالاستنزاف المائي بشكل اكبر .

- الانحدار (Slope):

يمكن اعتبار الانحدار من العناصر الهامة في أي نظام جيومورفولوجي ذلك ان تنوع الاشكال الارضية وتعددها يرتبط ارتباطا مباشرا باختلاف مناسيبها ، تضرسها وانحدارها. كما يمكن اعتبار الانحدار محصلة لمجمل التغيرات البيئية الغابرة والسائدة وذلك من خلال تحقيقه للتوازن الديناميكي، حيث تتبع العمليات الجيومورفولوجية نمطاً يميل في العادة الى التكرار والاستقرار. وتكمن اهمية دراسة وتحليل الانحدار كعنصر جيومورفولوجي لكونه مدخل رئيسي (InPut) بل من اهم المدخلات في اختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي.

- تصنيف الانحدار في حوض الجفر (Solpe Classification):

نظرا للأهمية التطبيقية للمنحدرات في تنفيذ المشاريع التنموية بشكل عام، وأثر درجة الانحدار في تحديد مدى ملائمة السطح للاستعمالات المختلفة ، وتحديد الموقع الامثل لمشاريع الحصاد المائي ، فقد تم اشتقاق خريطة الانحدار من نموذج الارتفاع الارضي (DEM) لمنطقة الدراسة حيث تراوحت درجات الانحدار ما بين صفر – 63.7 درجة ، الشكل (34) .



الشكل (34) درجات الانحدار في حوض الجفر

(المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على DEM)

كما قام الباحث بتقسيم حوض الجفر الى ستة نطاقات حسب درجة انحدار السطح حيث تبين أن المناطق التي يقل انحدارها عن (2 درجة)، بلغت 43.38% ، والمناطق التي يقل

انحدارها عن (5 درجة) تشكل 85.5 %، والمناطق التي يزيد انحدارها عن 15 درجة بلغت 2.45 % من مساحة حوض الجفر ، كما تبين ان المناطق المستوية في حوض الجفر بلغت 2.2% من المساحة الكلية، والمناطق التي قلت درجات انحدارها عن درجة واحدة بلغت 13.7% من المساحة الكلية، وأن المناطق التي زاد انحدارها عن 30 درجة لم تتجاوز 4 كم2،الجدول (11) .

الجدول (11) نسب نطاقات الانحدار في حوض الجفر

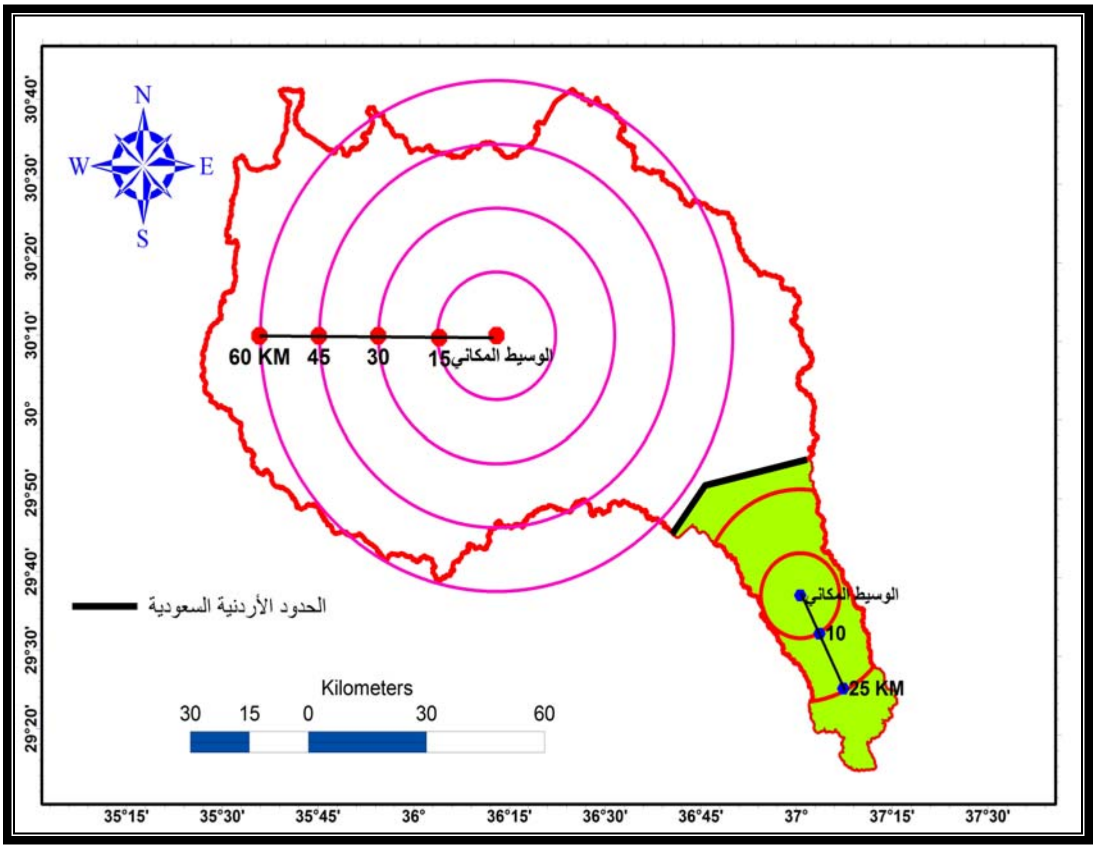
درجة الانحدار (درجة)	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية من مساحة حوض الجفر (%)
اقل من 2	5903.4	43.4
5-2	5732.15	42.12
10-5	1639.83	12.05
15-10	246.85	1.81
20-15	56.41	0.41
اكثر من 20	30.7	0.23
مجموع	13608.4	100
صفر	299.6	2.2
صفر-1	1859.7	13.7
اكثر من 30	4	0.00003
اكثر من 45	0.259	0.000002
اكثر من 60	0.006	0.00000004

(المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

ونظرا لأهمية المؤشرات الانحدارية للاغراض المختلفة التي تتطلب معرفة مباشرة بتوزيع درجات الانحدار لحوض الجفر للاغراض التطبيقية وبما يحقق اهداف الدراسة فقد تم رسم 82 مقطع انحداري لمعظم اجزاء حوض الجفر للحصول على صورة واضحة تقدم دقة عالية ونسبة خطأ في ادنى مستوياتها بحيث تمكن صناع القرار من الوقوف على أبرز الخصائص

البيئية الجيومورفولوجية الانحدارية واهميتها في تنمية المناطق الجافة وشبه الجافة بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص،حيث تظهر المقاطع الانحدارية التباين في درجات الانحدار من جزء لآخر في حوض الجفر، كذلك التباين الواضح في درجات الانحدار على طول خط تقسيم المياه والتي تراوحت مابين صفر و 40 درجة ، المقطع (1) ، الملحق (3) .

واستخدم الباحث طريقة الوسيط المكاني (Spetial Median) للحصول على توزيع يمثل حوض الجفر، حيث استخرج الباحث الوسيط المكاني للجزء الاردني من حوض الجفر، كذلك الحال بالنسبة لاستخراج الوسيط المكاني للجزء الذي يقع داخل الحدود السعودية وبالتالي تقسيم حوض الجفر الى جزئين بسبب الشكل غير المنتظم لحوض الجفر حيث يمتد الحوض داخل الحدود السعودية على شكل ذراع وبالتالي يمكن تحديد الوسيط المكاني بشكل اكثر دقة لحوض الجفر،و استخدم الوسيط المكاني (Spetial Median) وليس الوسط المكاني (Spetial Mean) لأن الوسيط المكاني افضل من الوسط المكاني في تحديد مواقع النقاط ، وانماط واشكال التوزيع المكاني نظراً لعدم انتظام شكل حوض الجفر. ويقع الوسيط المكاني في الجزء الأردني في قويرة المرمك جنوب غرب قاع الجفر، وبعد ذلك تم تحديد اربعة نطاقات على مسافة 15، 30، 45، 60كم من الوسيط المكاني،الشكل (35) .



الشكل (35) موقع الوسيط المكاني لحوض الجفر داخل الأردن وخارجه

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (Spatial Statistics Tools-GIS))

ومن ثم قام الباحث برسم المقاطع الانحدارية بالاعتماد على الوسيط المكاني للجزء الأردني من حوض الجفر ، المقاطع (2-7) ، الملحق رقم (3).

كما تم رسم ثلاثة مقاطع انحدارية للجزء الواقع خارج الاردن بعد تحديد الوسيط المكاني له، والذي يقع في منطقة سمرة الفيحاء ، المقطع الأول على مسافة10 كم من الوسيط المكاني وبجميع الاتجاهات ، الثاني على مسافة 25 كم شمال غرب الوسيط المكاني، والثالث على مسافة 25 كم جنوب شرق الوسيط المكاني، المقاطع (8-10) ، الملحق (3) .

ووجد أن هناك تباينا واضحا في درجات الانحدار على طول الاودية التي تشكل الشبكة المائية لحوض الجفر، حيث قام الباحث بتوضيح هذا التباين من خلال اعداد المقاطع الانحدارية للأودية باعتبارها الأساس في اتخاذ القرار المكاني المتعلق بتقييم احتمالية الحصاد المائي حيث عمد الباحث عند تحديد مدى الملائمة المتعلقة بحوض الجفر الى تحديد مدى الملائمة المتعلقة بالسدود على الأودية مباشرة أما في حالة الحفائر فقد تم تحديد مسافة تتراوح ما بين (50-500م) من الأودية مع الأخذ بعين الاعتبار نسب الانحدار ودرجات الانحدار في هذه المناطق، المقاطع (1-66)، الملحق (4).

وتزداد درجات الانحدار في الأجزاء الغربية و الشمالية الغربية من الحوض حيث يرتبط ذلك بعوامل مناخية وجيولوجية مختلفة اثرت في نشاط العمليات الجيومورفولوجية بينما تقل درجات الانحدار نسبياً في بقية اجزاء الحوض ، فعلى سبيل المثال تتراوح درجات انحدار في وادي مديفع ما بين صفر واكثر من 35 درجة، ويصل طول الوادي حوالي 30 كم ، المقطع (4) ، الملحق (4) . في حين نجد ان وادي ابو طرفة يصل طوله الى اكثر من 90 كم، في حين تتراوح درجات الانحدار ما بين صفر و 18 درجة،المقطع (52) ، الملحق (4).

3:3 الخصائص المورفومترية لحوض الجفر:

يعتبر التحليل المورفومتري للأحواض المائية من المعايير الهامة للدلالة على القياسات والخصائص الهندسية لسطح الارض والتي تساهم الانهار ونظمها المختلفة في تشكيلها . كما تعتبر الأحواض النهرية نظماً مورفولوجية تحكمها وتضبط خواصها الهندسية قوانين ذات علاقات وظيفية متبادلة ، اذ لا يمكن التعرف على تلك العلاقات إلا بعد دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية ، حيث تمت دراسة الخصائص المورفومترية لجميع الاحواض المائية الفرعية لحوض الجفر والبالغ عددها 16 حوضاً بسبب شكل منطقة الدراسة ، حيث تتجه الاودية النهرية من جميع الجهات صوب مستويات اساس مختلفة في القيعان الواقعة في وسط حوض الجفر . بالاضافة الى كبر مساحة منطقة الدراسة الامر الذي يجعل كل وادي نهري عبارة عن نظاما قائما بذاته له خصائصه المورفومترية من حيث اعداد واطوال الاودية والروافد ، بيئة المصب ، حجم الرواسب،المساحة،الشكل والخصائص التضاريسية التي تختلف عن الاودية الأخرى ، وهذا يجعل من الضروري دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية لكل وادي بشكل مستقل مع التأكيد على أن هذه الأنظمة الفرعية ستشكل في النهاية النظام الرئيسي وهو حوض الجفر .

وتحقيقا لهدف الدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي فإن الخصائص المورفومترية تعتبر القاعدة التي تؤخذ بالاعتبار عند دراسة وتحليل المعايير اللازمة للوصول الى قرار مكاني دقيق وامثل،وتم دراسة وتحليل خصائص الحوض المورفومترية التالية:

1-القياسات الخطية المتعلقة بشكبة التصريف النهري والمتمثلة باعداد ، أطوال ورتب المجاري المائية.

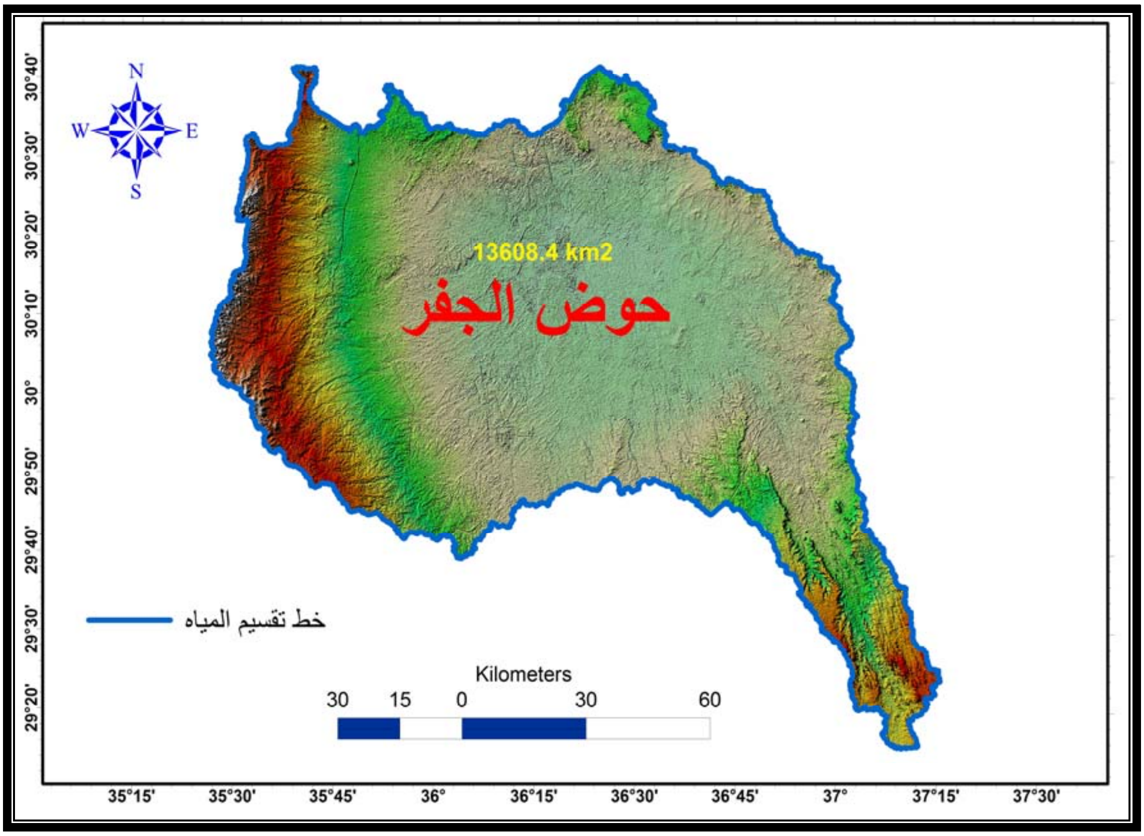
2-القياسات المساحية والشكلية.

3-القياسات المتعلقة بالخصائص التضاريسية.

1:3:3 الخصائص المساحية والشكلية:

1- مساحة الاحواض الثانوية (Subbasins Areas):

يعبر عن مساحة الحوض المائي بالمساحة المحصورة داخل خط تقسيم المياه الشكل (36).



الشكل (36) مساحة حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على DEM)

ويرتبط تطور المساحة الحوضية بنشاط الحت التراجعي الناتج عن استمرار عمليات الحت بفعل العمليات المائية وما لها من دور فعال في تراجع منطقة تقسيم المياه (نطاق اللاتعرية) الى مناطق اكثر بعداً او اكثر ارتفاعاً، كذلك بفعل الحركات التكتونية (الرفع والهبوط) وما لها من تأثير في زيادة المساحة الحوضية او تراجعها، وتبين من خلال اعداد المساحات للأحواض الثانوية وعددها ستة عشر حوضا في وجود تباين في هذه المساحات عن امتداد حوض الجفر، الجدول (12).

الجدول رقم (12) مساحات الأحواض الثانوية في حوض الجفر

الرقم	الحوض الثانوي	المساحة(كم2)	النسبة من مساحة حوض الجفر(%)
1	وادي الرتمة	3072.03	22.6
2	وادي ابو طرفة	1224.81	9
3	وادي الشومري	328.7	2.4
4	وادي العاذرية	311.7	2.3
5	وادي العرفة	734.4	5.4
6	وادي العناب	2281	16.8
7	وادي العيرية	517	3.8
8	وادي الغوير	382.7	2.8
9	وادي المرمك	320.4	2.35
10	وادي المصول	76.03	0.56
11	وادي المطخ	858.2	6.3
12	وادي المناوخ	2454.5	18
13	وادي الشبيكة	280.5	2.06
14	وادي العاذرية الدمثة	91.6	0.67
15	وادي غديرات زايد	49.02	0.36
16	وادي رجلة سحول	43.7	0.3
مستويات الأساس (القيعان)		582.1	4.3
المجموع		13608.4	100

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

- الدلالات الجيومورفولوجية للمساحة الحوضية :

1- أدى ارتفاع المساحة الحوضية الكلية لحوض الجفر والبالغة 13608.4 كم2 الى ارتفاع حجم الناتج الرسوبي بشكل عام، اما بالنسبة للتصريف المائي فبالرغم من كبر مساحة الحوض إلا أن حجم التصريف المائي منخفض بسبب البيئة الجافة التي تقع منطقة الدراسة ضمن نطاقاتها.

2- تباين حجم التصريف المائي والناتج الرسوبي من حوض ثانوي لآخر تبعا لتباين مساحة هذه الاحواض والامطار المساحية، فنجد أن اكبر الاحواض الثانوية مساحة هو الرتمة 3072.03 كم2، وتتراوح معدلات الامطار عند المنابع ما بين 100 ملم في الاجزاء الجنوبية الغربية من الحوض واكثر من 250 ملم في الاجزاء الشمالية الغربية من الحوض ، كما نجد إرتفاعا في الناتج الرسوبي لحوض وادي أبو طرفة مقارنة بالأحواض الأخرى والذي تبلغ مساحته 1224.81 كم2، حيث يبلغ اعلى معدل امطار عند المنابع 100 ملم، وبالتالي يتناسب معدل

التصريف المائي والناتج الرسوبي طرديا مع مساحة الحوض وارتفاع معدل الامطار، كما نجد ان بعض الاحواض الثانوية الاخرى بالرغم من كبر حجمها إلا أن ذلك لا يعبر عن وجود علاقة موجبة بين مساحة الحوض وكلا من الناتج الرسوبي وحجم التصريف المائي كما هو الحال في حوض وادي المناوخ والبالغة مساحته 2454.5 كم2، وحوض وادي العناب والبالغة مساحته 2281كم2 حيث تنتشر الرواسب البلايستوسينية في قاع الأخير وهذا يعطي مؤشراً على ضعف تأثير الظروف المناخية الحالية في الناتج الرسوبي لهذا الوادي .

2- نسبة الاستطالة (Elongation Ratio):

تصف نسبة استطالة الحوض بأنها إمتداد الحوض المائي بالمقارنة مع شكل المستطيل ، ويتم حساب نسبة استطالة الحوض حسب القرينة التي اقترحها (شوم، 1956) (Shumm, 1956) ، وبتطبيق هذه القرينة على حوض وادي الرتمة على سبيل المثال كأحد الاحواض الثانوية في حوض الجفر يمكن حساب نسبة الاستطالة على النحو الآتي:

- مساحة الدائرة = نق2 π

3072.03= نق2 × 3.14

نق2 = $\frac{3072.03}{3.14} = 978.4$

نق= $\sqrt{978.4}$ **= 31.3**

ق= 31.3 × 2 = 62.6 كم

نسبة الاستطالة = $\frac{62.6}{83}$ **= 75%**

وتم تطبيق هذه القرينة على جميع الاحواض الثانوية في حوض الجفر لحساب نسبة الاستطالة ، الجدول (13) .

الجدول رقم (13) نسبة الأستطالة للأحواض الثانوية في حوض الجفر

الرقم	الحوض الثانوي	المساحة (كم2)	اقصى طول في الحوض (كم)	نق 2(كم)	ق (كم)	نسبة الاستطالة (%)
1	وادي الرتمة	3072.03	83	978.4	62.6	75.4
2	وادي ابو طرفة	1224.81	70.5	390.1	39.5	56
3	وادي الشومري	328.7	38.85	104.7	20.5	53
4	وادي العاذرية	311.7	34.2	99.3	20	58
5	وادي العرفة	734.4	43.5	234	30.6	70
6	وادي العناب	2281	111.6	726.4	54	48.3
7	وادي العيرية	517	32	164.6	25.7	80.1
8	وادي الغوير	382.7	28	122	22.1	79
9	وادي المرمك	320.4	38.6	102	20.2	52.3
10	وادي المصول	76.03	17	24.2	9.8	58
11	وادي المطخ	858.2	62	273.3	33.1	53.3
12	وادي المناوخ	2454.5	98.5	781.7	56	57
13	وادي الشبيكة	280.5	30	89.3	19	63
14	وادي العاذرية الدمثة	91.6	20.5	29.2	10.8	52.6
15	وادي غديرات زايد	49.02	15.8	15.6	8	50
16	وادي رجلة سحول	43.7	12.3	14	7.5	61
المتوسط		814.1	46.02	259.3	27.4	60.4

(المصدر : عمل الباحث حسب قرينة شوم ، 1956)

ويظهر الجدول (13) تباين نسبة الاستطالة من حوض ثانوي لآخر في الوقت الذي تقترب فيه جميعها من الشكل المستطيل ، حيث حققت الأحواض المائية لكلاً من وادي العيرية، وادي الغوير، وادي الرتمة، وادي العرفة أعلى نسبة استطالة بنسبة 80%، 79%، 75% و 70% على التوالي وفي الجانب الآخر نجد أن كل الأحواض المائية للأودية التي يتشكل منها حوض الجفر زادت نسبة فيها نسبة الاستطالة عن 50% الأمر الذي يجعلها في المجمل تقترب من الشكل المستطيل . مما سبق نجد أن اقتراب الأحواض الثانوية من الشكل المستطيل له دلالة جيمورفولوجية واضحة تتضمن :

1. ارتباط الشكل المستطيل للأودية الثانوية بعوامل تكتونية سابقة بنسب أعلى من تأثير العوامل المناخية الحالية.

2. ارتباط الشكل المستطيل للأودية الثانوية بضعف معدلات الحت الجانبي والتعرية التحاتية نتيجة انخفاض معدلات التصريف المائي لأسباب مناخية ترتبط بخاصية الجفاف وقلة الأمطار في حوض الجفر .
3. تؤدي طول المسافة التي تقطعها الأودية من منطقة المنابع إلى بيئة المصب بالتوافق مع ارتفاع معدلات التبخر إلى تأخر وصول قمة التصريف المائي أو تصريف الفيضان أو انعدامها في كثير من الأحيان إلى بيئة المصب .

وهذا يشكل نتيجة يجب أخذها بعين الاعتبار عند إختيار الموقع الأمثل لمشاريع الحصاد المائي لزيادة كفاءة هذه المواقع في تجميع أكبر قدر ممكن من المياه وتقليل الفاقد المائي إلى أدنى مستوى ممكن .

3. نسبة استدارة الحوض (Circularity Ratio):

تشير نسبة الاستدارة إلى نسبة تقارب أو تباعد شكل الحوض المائي من الشكل الدائري المنتظم.

ويمكن حساب نسبة الاستدارة حسب القرينة التي اقترحها (ملتون 1958) (Melton, 1958) لتصف مدى اقتراب خطوط تقسيم المياه والتي تمثل محيط الحوض من محيط دائرة منتظمة بنفس الطول، حيث يمثل محيط الدائرة أقصى حالات الشكل الدائري وتبلغ الدائرة في هذه الحالة أقصى مساحة لها، ويمكن تطبيق هذه القرينة على حوض وادي الشومري على سبيل المثال لا للحصر على النحو الآتي :

- محيط الحوض = 2نق π

155.2 = 2 نق × 3.14

2نق = $\frac{155.2}{3.14}$ **= 49.4 كم**

نق = $\left(\frac{49.4}{2} \right)$ **= 24.7 كم**

مساحة الدائرة = نق^2 π

= $(24.7)^2 \times 3.14$ = 1917.8 كم^2

نسبة الاستدارة = $100\times\frac{328.7}{1917.8}$ = **17%**

وبتطبيق هذه القرينة على الأحواض الثانوية في حوض الجفر يمكن الحصول على نسبة الاستدارة كما يشير إليها الجدول (14).

الجدول رقم (14) نسبة الاستدارة للأحواض الثانوية في حوض الجفر

الرقم	الحوض الثانوي	المساحة (كم2)	محيط الحوض (كم)	نق (كم)	مساحة دائرة تساوي محيط الحوض نفسه(كم2)	نسبة الاستدارة (%)
1	وادي الرتمة	3072.03	379.15	60.4	11445.4	26.8
2	وادي ابو طرفة	1224.81	246.6	39.3	4841.7	25.3
3	وادي الشومري	328.7	155.2	24.7	1917.8	17.1
4	وادي العاذرية	311.7	119	19	1127.5	27.65
5	وادي العرفة	734.4	175	27.9	2438.3	30.12
6	وادي العناب	2281	374.2	59.6	11148.5	20.5
7	وادي العيرية	517	162.8	26	2110.2	24.5
8	وادي الغوير	382.7	135.5	21.6	1461.8	26.2
9	وادي المرمك	320.4	118.5	18.9	1118	28.66
10	وادي المصول	76.03	98.1	15.6	766.2	10
11	وادي المطخ	858.2	230.2	36.7	4219.1	20.34
12	وادي المناوخ	2454.5	408.2	65	13266.5	18.5
13	وادي الشبيكة	280.5	111.7	17.8	993.4	28.2
14	وادي العاذرية الدمثة	91.6	70.6	11.2	396.8	23.1
15	وادي غديرات زايد	49.02	52.3	8.3	217.8	22.51
16	وادي رجلة سحول	43.7	42.9	6.8	146.5	29.82
المتوسط		46.02188	180	28.7	3601	23.7

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على قرينة (ملتون،1958م)

وتشير نتائج حساب نسبة الاستدارة للأحواض الثانوية في حوض الجفر إلى ابتعاد هذه الأحواض عن الشكل الدائري وهذا يمكن ملاحظته بوضوح في التعرجات في مناطق تقسيم المياه وشدتها في كثيرمن الأحيان وهذا يجعلها لا تنطبق مع محيط الدائرة ، وبالتالي يقدم ذلك دلالات جيمورفولوجية تشير إلى ارتباط إنخفاض نسبة الاستدارة للأحواض الثانوية في حوض الجفر

بحالة الجفاف وانخفاض معدلات التصريف المائي وبالتالي ضعف النشاط الحتي وعدم فعاليته، بالإضافة إلى الدلالات الجيومورفولوجية المتعلقة بإرتفاع نسبة الاستطالة آنفة الذكر.

4. معامل شكل الحوض (Form Factor) :

يعبر معامل شكل الحوض عن مدى اقتراب شكل الحوض المائي من شكل المثلث بمعنى تناقص عرض الحوض التدريجي من منطقة المنابع باتجاه بيئة المصب ،ويمكن تطبيق قرينة معامل شكل الحوض على حوض وادي العيرية على سبيل المثال لا للحصر على النحو الآتي :

معامل شكل الحوض = $\frac{517}{^{2}(32)} \times 100 = 50\%$

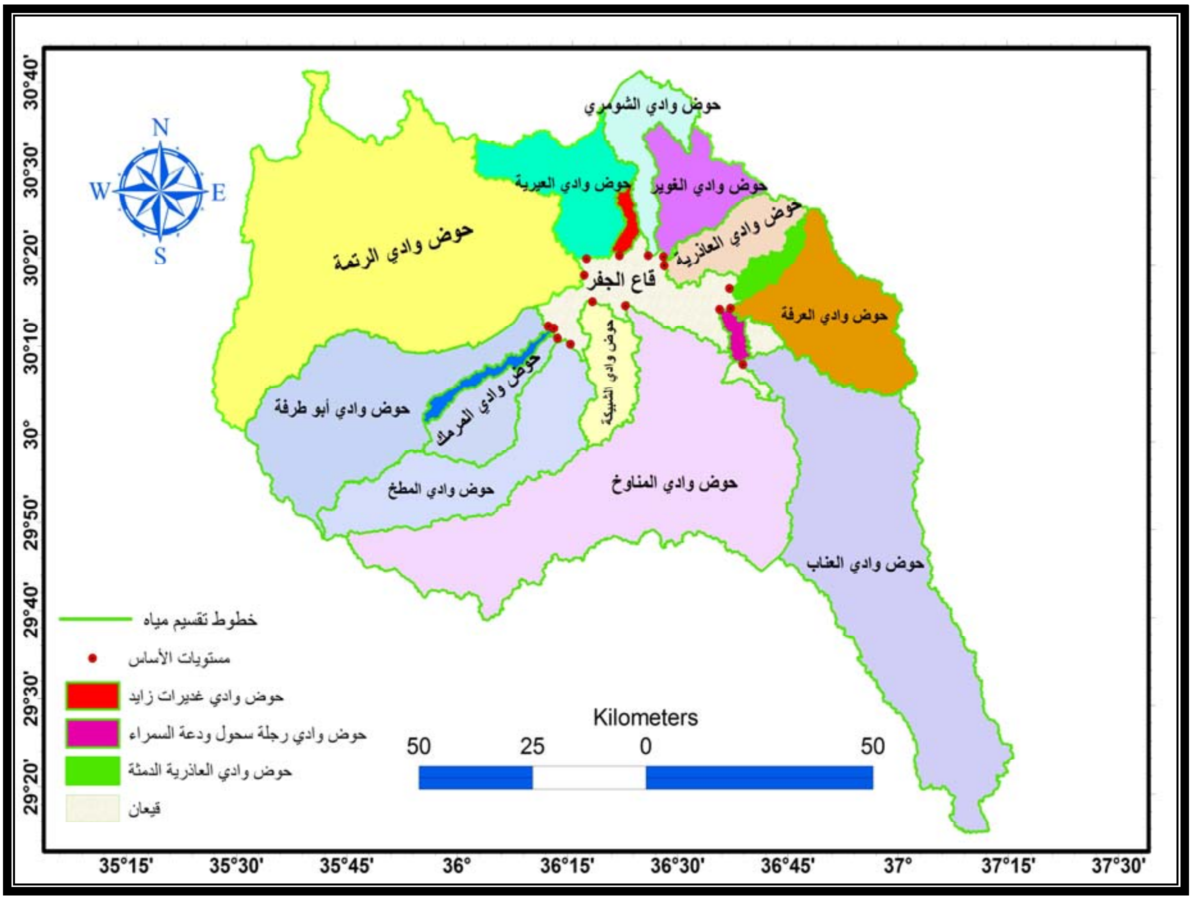
وبتطبيق هذه القرينة على الأحواض الثانوية في حوض الجفر يمكن الحصول على معامل الشكل للأحواض، الجدول (15).

الجدول رقم (15) معامل شكل الأحواض الثانوية في حوض الجفر

الرقم	الحوض الثانوي	المساحة(كم2)	اقصى طول في الحوض (كم)	معامل شكل الحوض(%)
1	وادي الرتمة	3072.03	83	44.6
2	وادي ابو طرفة	1224.81	70.5	24.64
3	وادي الشومري	328.7	38.85	21.8
4	وادي العاذرية	311.7	34.2	26.65
5	وادي العرفة	734.4	43.5	38.81
6	وادي العناب	2281	111.6	18.31
7	وادي العيرية	517	32	50.5
8	وادي الغوير	382.7	28	48.81
9	وادي المرمك	320.4	38.6	21.5
10	وادي المصول	76.03	17	26.31
11	وادي المطخ	858.2	62	22.33
12	وادي المناوخ	2454.5	98.5	25.3
13	وادي الشبيكة	280.5	30	31.2
14	وادي العاذرية الدمثة	91.6	20.5	21.8
15	وادي غديرات زايد	49.02	15.8	19.64
16	وادي رجلة سحول	43.7	12.3	28.9
المتوسط		814.1429	46.02188	29.44

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على قرينة معامل شكل الحوض)

حيث يشير الجدول (15) إلى ارتفاع معامل الشكل الحوضي في بعض الأحواض المائية مثل وادي العيرية، وادي الغوير، وادي الرتمة، بنسبة 50.05%، 48.8%، 44.6% على التوالي مقارنة ببقية الأحواض المائية حيث يتناقص عرض هذه الأحواض إلى حدٍ ما بإتجاه بيئة المصب، الشكل (37).



الشكل (37) الأحواض المائية الثانوية في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

وبشكل عام وجد أن معامل الشكل للأحواض المائية ينخفض في حوض الجفر ، حيث تشير القاعدة العامة إلى أنه كلما إزداد معامل شكل الحوض كلما اقترب شكل الحوض من المثلث أي التناقص التدريجي للعرض باتجاه بيئة المصب والعكس صحيح بمعنى عدم إنتظام هذه الأحواض على طول امتدادها من منطقة المنابع باتجاه بيئة المصب ، وهذه يشير جيومورفولوجياً إلى :

1. ضعف النشاط الحتي المرتبط بالظروف المناخية السائدة في منطقة الدراسة، بالإضافة إلى العوامل الجيولوجية السابقة التي أدت إلى نشأة هذه الأحواض .

2. أدى تفاوت صلابة الصخر في منطقة الدراسة إلى تفاوت النشاط الحتي وبالتالي أثر في تفاوت أطوال الأودية الثانوية في منطقة الدراسة.

أخيراً تكمن أهمية مقارنة شكل الحوض المائي بأشكال هندسية مختلفة كالشكل الدائري أو المستطيل أو المثلث إلى تحديد مدى فعالية العاصفة المطرية في ارتفاع منسوب المياه في الأودية ووصول تصريف الفيضان إلى قمته في أقل فترة زمنية أو عكس ذلك ، وبالتالي أهمية ذلك في تقييم احتمالية الحصاد المائي في منطقة الدراسة بالإستناد إلى تلك النتائج .

2:3:3 الخصائص التضاريسية :

1. **تضرس الحوض (Basin Relief):**

يعبر تضرس الحوض عن الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب في الحوض المائي مقسوماً على طول الحوض المائي . وبتطبيق قرينة تضرس الحوض على الأحواض الثانوية في حوض الجفر نجد أن هناك تبايناً واضحاً في تضرسها، حيث يرتبط ذلك بمساحة الأحواض الثانوية ، أطوالها ، الظروف المناخية والجيولوجية ، حيث بلغت أعلى قيمة للتضرس في حوض الجفر في حوض وادي الرتمة 923م، وهو الحوض الأكبر مساحة، والأعلى في معدلات الأمطار خاصة عند المنابع مقارنة ببقية الأحواض الثانوية ، وهذا ينطبق إلى حدٍ كبير على حوض وادي أبو طرفة حيث بلغ تضرس الحوض 828م، في حين لم يتجاوز تضرس حوض وادي رجلة سحول ودعة السمراء 31م، العاذرية الدمثة 80 م وغديرات زايد 84م بسبب صغر مساحاتها الحوضية وقصر المسافة التي تقطعها من المنابع إلى بيئة المصب، الجدول (16).

الجدول رقم (16) الخصائص التضاريسية للأحواض الثانوية في حوض الجفر

الرقم	الحوض	اقصى طول(كم)	محيط الحوض(كم)	اعلى منسوب (م)	أدنى منسوب (م)	تضرس الحوض(م)	نسبة التضرس م/كم	التضرس النسبي %
1	الرتمة	83	379.15	1725	802	923	11.12	2.4
2	ابو طرفة	70.5	246.6	1661	833	828	11.74	3.36
3	الشومري	38.85	155.2	1089	827	262	6.74	1.7
4	العاذرية	34.2	119	1010	827	183	5.353	1.54
5	العرفة	43.5	175	987	844	143	3.3	0.82
6	العناب	111.6	374.2	1368	848	520	4.66	1.4
7	العيرية	32	162.8	1080	817	263	8.22	1.62
8	الغوير	28	135.5	1033	823	210	7.5	1.55
9	المرمك	38.6	118.5	1012	837	175	4.53	1.48
10	المصول	17	98.1	982	839	143	8.4	1.46
11	المطخ	62	230.2	1420	818	602	9.71	2.62
12	المناوخ	98.5	408.2	1342	795	547	5.6	1.34
13	الشبيكة	30	111.7	888	808	80	2.7	0.72
14	العاذرية الدمثة	20.5	70.6	969	845	124	6	1.76
15	غديرات زايد	15.8	52.3	912	828	84	5.32	1.6
16	رجلة سحول	12.3	42.9	874	843	31	2.52	0.72
المتوسط		46.02	178	1147	827.1	320	6.5	1.63

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS))

2. نسبة التضرس: (Relif Ratio) :

نلاحظ بتطبيق قرينة نسبة التضرس على الأحواض الثانوية الإنخفاض الواضح في نسبة التضرس في الأحواض الثانوية التي تشكل حوض الجفر، وهذا يعبر عن انخفاض نسبة التغير في التضاريس ضمن المسافات القصيرة، وأن التغير في نسبة التضرس يمكن أن يكون أكثر وضوحاً مع طول المسافة التي يقطعها الوادي النهري، حيث بلغت أعلى نسبة للتضرس في حوض وادي أبو طرفة 11.7م/كم، وحوض وادي أبو طرفة 11.1 م /كم، وبشكل عام يعتبر المعدل العام لنسبة التضرس منخفضاً في منطقة الدراسة حيث بلغ المعدل العام 6.5 م /كم، الجدول (16).

ويعتبر هذا مؤشراً على تأخر وصول المياه الجارية إلى المصب أو انعدامها بسبب انخفاض سرعة التصريف المائي الناتج عن انخفاض نسبة التضرس.

3. التضرس النسبي (Relative Relief):

وجد بتطبيق القرينة المتعلقة بالتضاريس النسبية على الأحواض الثانوية في حوض الجفر الإنخفاض الواضح في قيمة التضاريس النسبية في حوض الجفر، إذا لم يتجاوز المعدل العام لها 1.63%، الجدول (16). وهذا يدل على أن نسبة التغير منخفضة ضمن مساحة معينة داخل الحوض نفسه.

4. معامل الانعطاف (Detour Factor) :

يعبر معامل الانعطاف عن العلاقة بين طول المجرى الحقيقي الذي يمثل المسافة التي تقطعها مياه الوادي من بداية تجمعها إلى مصبها وطول المجرى المثالي الذي يمثل أقصر مسافة يسلكها المجرى من بداية تجمعها إلى المصب، (Wilson, 1990) . ويتضح من خلال تطبيق هذه العلاقة على الأحواض الثانوية في حوض الجفر أن معامل الانعطاف يزيد في كل الأودية عن (1) بمعنى أن الأودية تبتعد عن الشكل المستقيم وهذا يزيد من احتمالية تبخر وترشح المياه وبالتالي فقدانها نتيجة انخفاض سرعة المياه الناتج عن ارتفاع معامل الانعطاف، الجدول (17) .

الجدول (17) معامل الانعطاف للأحواض الثانوية في حوض الجفر

الرقم	الحوض	الطول الحقيقي (كم)	الطول المثالي (كم)	معامل الانعطاف
1	الرتمة	27.8	18.5	1.5
2	ابو طرفة	41.9	33.76	1.24
3	الشومري	34.1	23.5	1.45
4	العاذرية	36.7	26.6	1.38
5	العرفة	33.6	25.1	1.34
6	العناب	91.7	70.3	1.3
7	العيرية	26.6	21.1	1.26
8	الغوير	24.2	17.2	1.41
9	المرمك	14.2	12.1	1.17
10	المصول	34	27.1	1.25
11	المطخ	50.5	33.4	1.51
12	المناوخ	89	54.6	1.6
13	الشبيكة	6.18	5.7	1.1
14	العاذرية الدمثة	7.2	5.18	1.4
15	غديرات زايد	16.5	10.7	1.54
16	رجلة سحول	6.4	5.6	1.14
المتوسط		34	24.4	1.4

(المصدر : عمل الباحث)

وتعتبر القاعدة العامة أنه كلما اقترب معامل الانعطاف من (1) اقترب المجرى من الخط المستقيم وهذا يزيد من سرعة المياه، ويقلل من التبخر والتسرب، (Wilson, 1990).وهذا ما لا ينطبق على حوض الجفر .

3:3:3 الخصائص الانحدارية: (Slope Properties)

أ. درجة الانحدار الإجمالي:

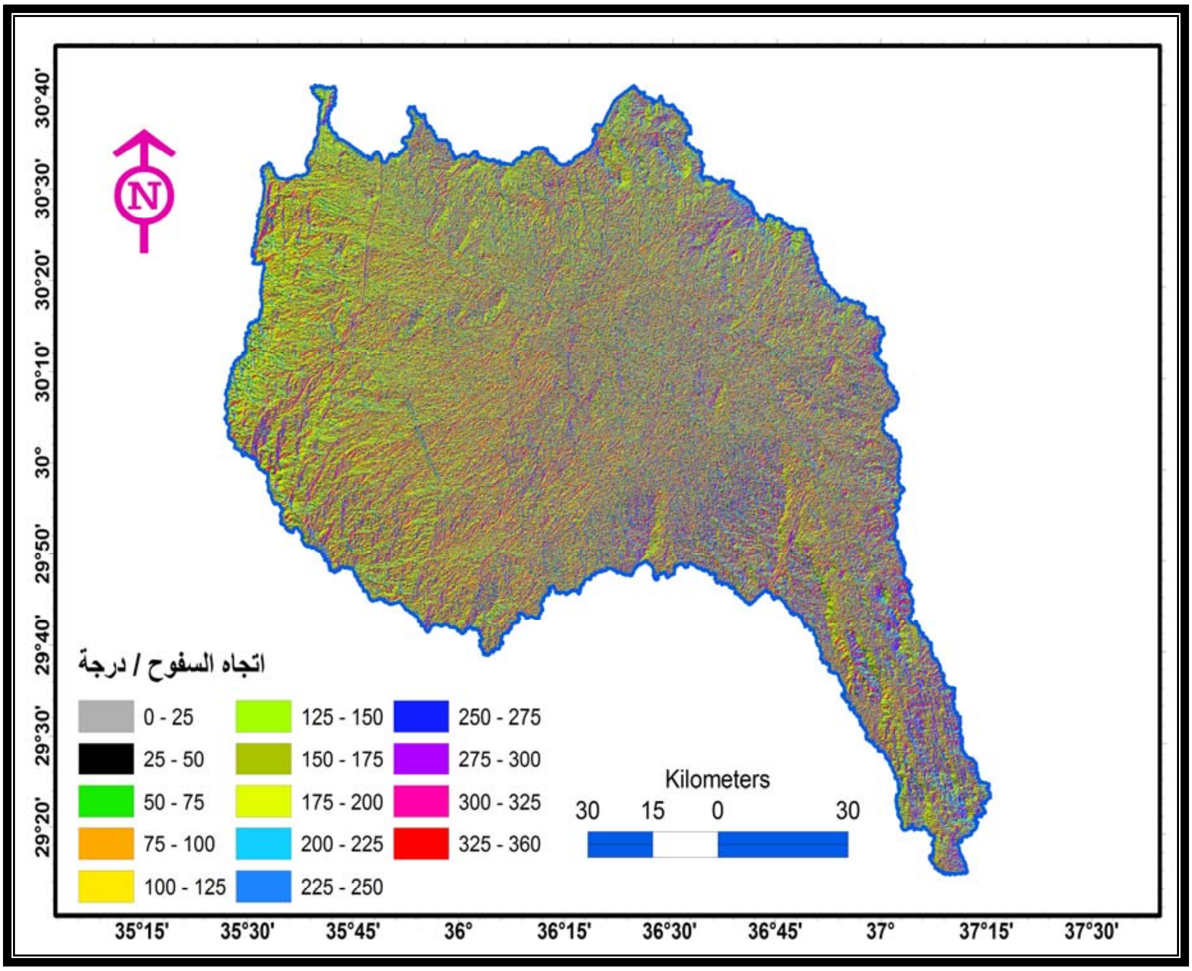
تتباين درجات الانحدار في حوض الجفر من حوض ثانوي إلى آخر، ومن جهة إلى أخرى، الأشكال (أ-ص) ، الملحق (5) ، حيث تراوحت درجات الانحدار ما بين صفر و 63.7 درجة، وبلغ متوسط درجات الانحدار في حوض الجفر 3 درجة، والانحراف المعياري 2.67 درجة، الشكل(ص)، الملحق (5) . حيث بلغ أعلى متوسط انحداري في حوض وادي العناب 3.97 درجة، وكانت أعلى درجة إنحدار في هذا الحوض 45.83 درجة وبإنحراف معياري 3.74 درجة، الشكل (ح) الملحق (5)، في حين سجلت أدنى درجة أنحدار في حوض وادي رجلة

سحول ودعة السمراء 1.41 درجة، وكانت أعلى درجة انحدار في هذه الحوض 8.4 درجة وبانحراف معياري 0.89 درجة،الشكل (ع) الملحق (5) . أما أعلى درجة انحدار سجلت في حوض ثانوي فكانت في حوض وادي الرتمة 63.71 درجة بمتوسط 3.33 درجة، وبانحراف معياري 2.81 درجة، الشكل (ج)،الملحق (5) .

ولاختلاف درجات الانحدار في حوض الجفر دلالات جيومورفولوجية،هيدرولوجية، مناخية، وجيولوجية حالية وسابقة هامة من خلال إرتباط ذلك بنشاط عمليات الحت في بعض الأجزاء و ضعفها في أجزاء أخرى، كذلك بتباين ظروف التصريف المائي بالرغم من شح المياه ، كما يرتبط إلى حد كبير بتفاوت صلابة الصخور من منطقة لأخرى والظروف الجيولوجية الغابرة التي أثرت في تكوين حوض الجفر. ولا يمكن أغفال تفاوت الأمطار في الوقت الحاضر من جهة لأخرى داخل الحوض، حيث سجلت أعلى درجات إنحدار ضمن المناطق الأكثر رطوبة في حوض الجفر في الأجزاء العليا من حوض وادي الرتمة 63.71 درجة.

ب. انحدار واتجاه السفوح التلية الجانبية في حوض الجفر :

يعبر انحدار السفوح التلية الجانبية في حوض الجفر عن مدى تضرس الحوض، فكلما زاد انحدار السفوح كلما عبر ذلك عن زيادة في التضرس ، كما يوجد مؤشراً جيومورفولوجيا هاماً يتعلق بالسفوح التلية وهو اتجاه هذه السفوح ، حيث يعبر ذلك عن مناطق النشاط الحتي في الحوض من خلال الربط بين التضرس من جهة والجهة المقابلة لاتجاه السفوح من جهة أخرى ، الشكل (38).



الشكل (38) اتجاه السفوح في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))

جـ. المعامل الهبسومتري (Hypsometric Integral) :

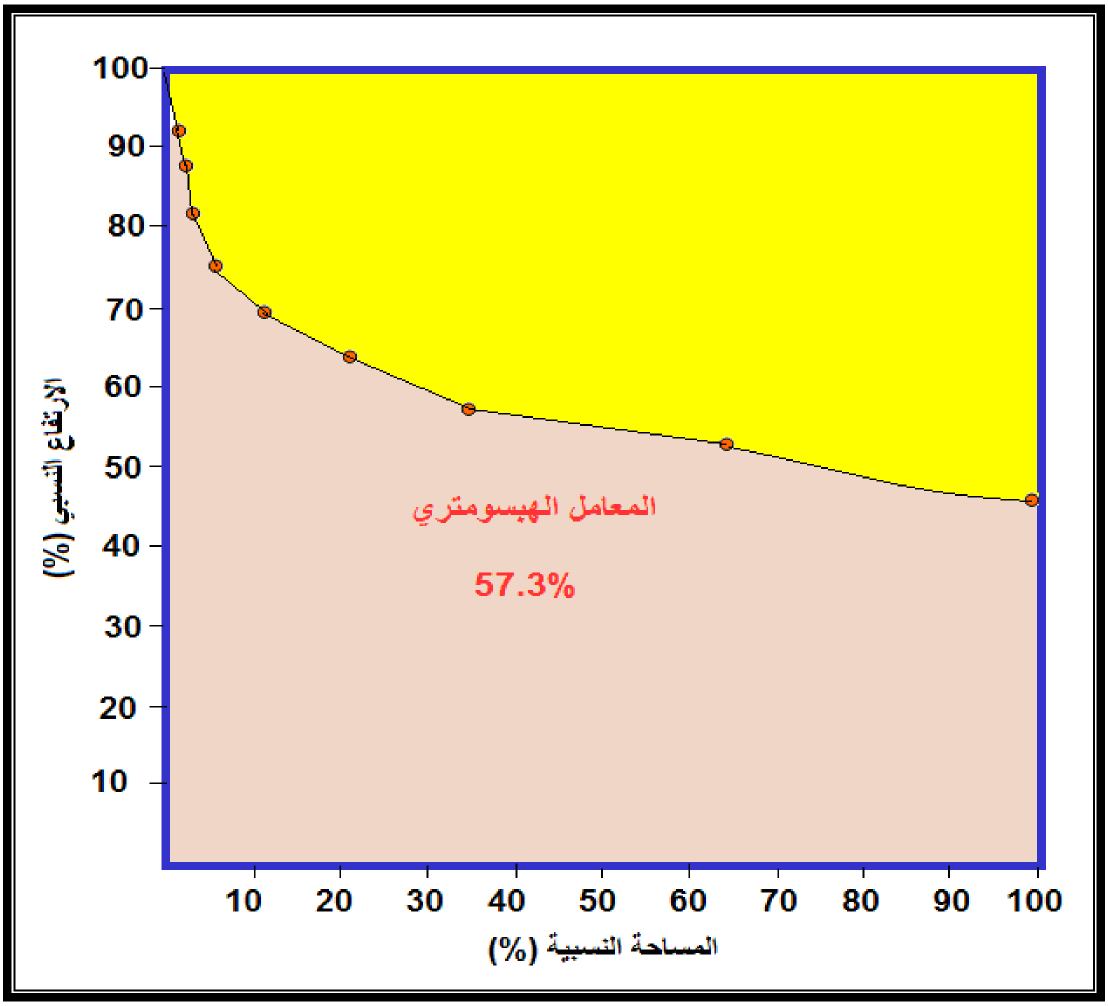
يعد المعامل الهبسومتري مقياساً زمنياً يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية، كذلك معياراً يمكن من خلاله الاستدلال على كمية المواد الصخرية التي ما تزال تنتظر دورها في العملية الحتية ، ويعبر المعامل الهبسومتري عن العلاقة بين الارتفاع النسبي الذي يمثل النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور في الحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض، والمساحة النسبية التي تمثل المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض، ويمكن توضيح ذلك من خلال تطبيق هذه العلاقة على حوض الجفر ككل، والذي تبلغ مساحته الكلية 13608.4 كم2، ويبلغ أقصى ارتفاع في الحوض 1725م، وأدنى ارتفاع 795 م، الجدول (18) .

الجدول (18) طريقة حساب المعامل الهبسومتري لحوض الجفر

الارتفاع (م)	الارتفاع النسبي (%)	المساحة المحصورة بين خط الكنتور ومحيط الحوض (كم^2)	المساحة النسبية (%)
1600	93	52.5	0.4
1500	87	222.5	1.6
1400	81	470.8	3.5
1300	75	883.4	6.5
1200	70	1645.2	12.1
1100	64	2832.5	20.8
1000	58	4502.4	33.1
900	52	8713.6	64
795	46	13608.4	100

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS))

وبعد أن يتم استخراج الارتفاع النسبي، والمساحة النسبية يتم توقيع قيم المساحة النسبية على المحور الأفقي، وما يقابلها من قيم الارتفاع النسبي على المحور الرأسي، ومن ثم وصل نقاط التقاطع بين المتغيرين، وبعد ذلك يتم حساب المساحة الواقعة أسفل المنحنى والتي تمثل قيمة المعامل الهبسومتري، الشكل (39).



الشكل (39) المعامل الهبسومتري لحوض الجفر

(عمل الباحث)

حيث بلغت قيمة المعامل الهبسومتري لحوض الجفر 57.3%، وتعتبر هذه القيمة مرتفعة بمعنى أنه هناك كميات كبيرة من المواد الصخرية ما زالت تنتظر دورها في العملية الحتية، ولا ضير في ذلك حيث يقع الحوض ضمن النطاق الجاف من الأردن ، بالإضافة إلى ضعف عملية الحت نتيجة قلة الأمطار والتصريف المائي، وهذا ما تم الإشارة إليه سابقاً على إعتبار أن عملية نشأة وتكون حوض الجفر ناتجة عن فعل العوامل المناخية السابقة أكثر من تأثير العوامل المناخية الحالية.

وبتطبيق العلاقة السابقة على الأحواض الثانوية في حوض الجفر نجد إرتفاع قيمة المعامل الهبسومتري بشكل العام، وهذا يعطي مؤشرا واضحا على ضعف عمليات الحت في حوض الجفر بشكل عام، وفي الأحواض الثانوية المكونة له بشكل أكثر تفصيلا ، الملحق (6) .

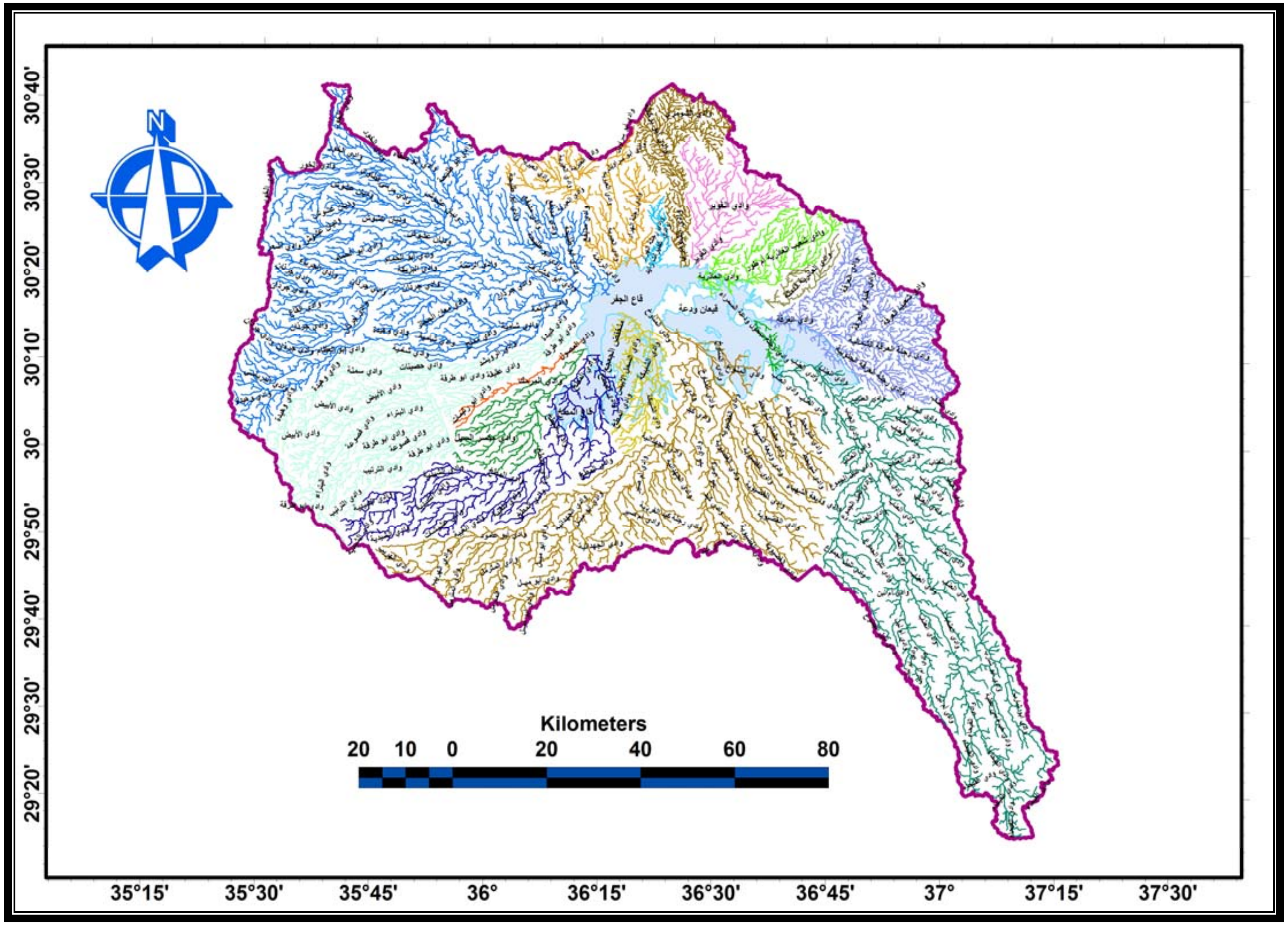
ويرتبط ذلك بشكل وثيق بمساحة الحوض الثانوي، نوعية الصخر، والظروف المناخية السائدة حيث بلغت أدنى قيمة للمعامل الهبسومتري في حوض وادي الرتمة بنسبة 63.4%، حوض وادي أبو طرفة 68%، وحوضي أودية المناوخ والمطخ 69% لكل منهما، وهذا يدل جيمورفولوجياً إلى أن هذه الأحواض تشهد نشاطاً حتياً بنسبة أعلى من الأحواض الأخرى، ولا شك في ذلك بإعتبار هذه الأحواض الثانوية الأكبر مساحة في حوض الجفر، وتقع ضمن النطاقات الأكثر أمطاراً وتصريفاً مائياً بالمقارنة بالأحواض الأخرى . وبالنظر إلى الأحواض الأخرى نجد أن قيمة المعامل الهبسومتري تزيد عن 83% في المجمل ، فنجد أن قيمة المعامل الهبسومتري على سبيل المثال لأحواض أودية العيرية، المرمك، المصول، العرفة، رجلة سحول بلغت 83%، 90%، 92%، 91%، 97% على التوالي، والتي تقع جميعها ضمن المناطق الأكثر جفافاً في حوض الجفر . وإذا ما تم استثناء حوض وادي العناب الذي تشكل مساحته 16.7% من مساحة حوض الجفر وتبلغ قيمة المعامل الهبسومتري 76.2%، حيث تم الإشارة سابقاً إلى سيادة الرواسب البلايستوسينيه في قاع هذا الوادي ويقع ضمن النطاق الجاف الذي تقل فيه معدل الأمطار عن 30ملم سنوياً.

4:3:3 خصائص الشبكة المائية في حوض الجفر:

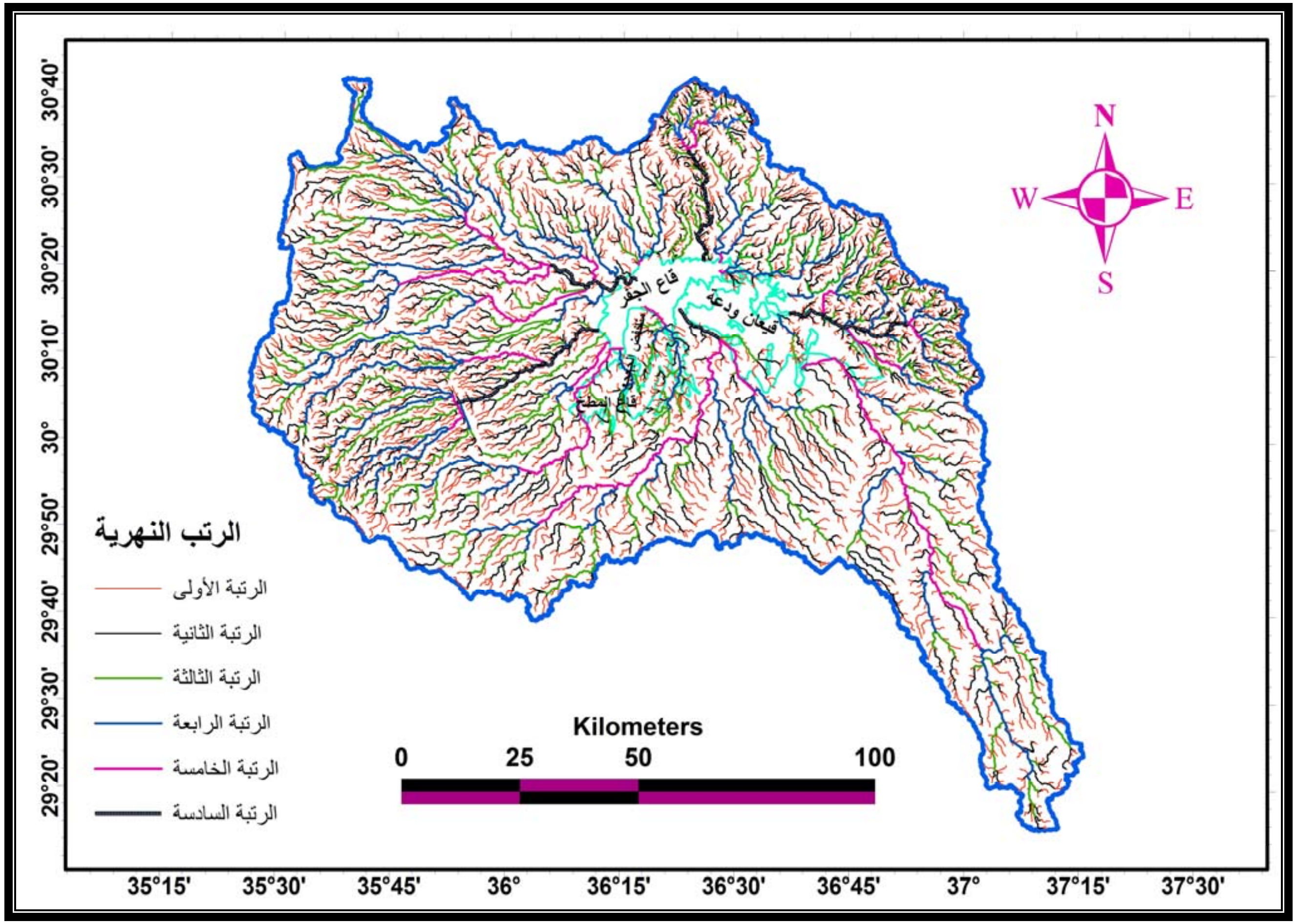
تتكون الشبكة المائية لأي حوض مائي من الروافد الرئيسية والثانوية بالاضافة للمجرى الرئيسي في الحوض المائي، ويمثل الشكل (40)، الشبكة المائية لحوض الجفر ، كما يمثل الملحق رقم (7) الشبكة المائية للأحواض الثانوية في حوض الجفر .

- رتب المجاري المائية واعدادها واطوالها:

يشتمل حوض الجفر على 6204 مجرى مائياً تتباين في اعدادها واطوالها ورتبتها من حوض مائي ثانوي إلى آخر، وتتوزع على 16 حوضاً مائياً والتي تشكل ما يعرف بحوض الجفر ويوضح الشكل (41) رتب المجاري المائية في حوض الجفر.

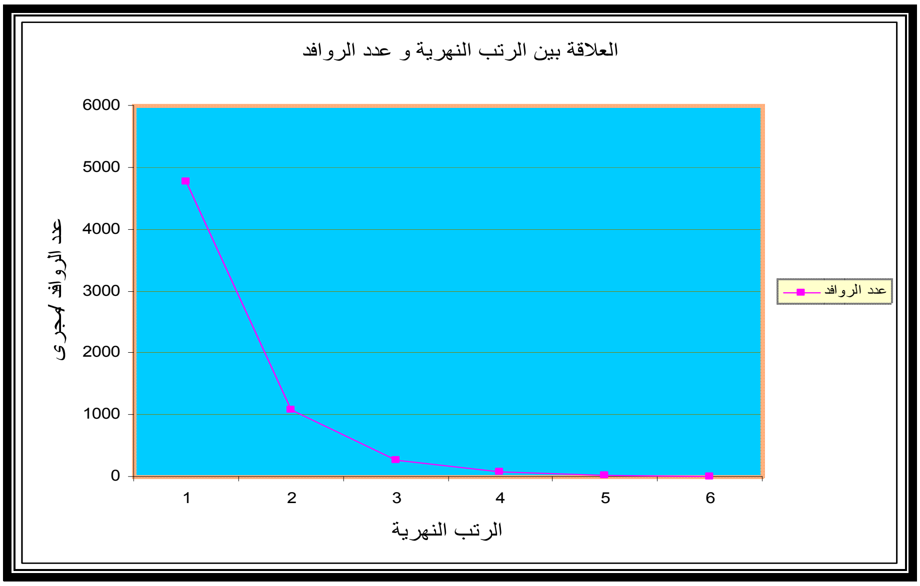


الشكل (40) الشبكة المائية لحوض الجفر **(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))**



الشكل (41) رتب المجاري المائية في حوض الجفر **(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على (DEM))**

تشكل المجاري المائية من الرتبة الأولى في حوض الجفر 76.93 % من مجموع اعداد المجاري المائية الكلية، في حين لا تشكل المجاري المائية من الدرجة الخامسة والسادسة سوى 0.34% و0.08% على التوالي من مجموع اعداد المجاري المائية، كما بلغ مجموع اطوال المجاري المائية في حوض الجفر 12637.2 كم حيث شكلت المجاري المائية من الدرجة الاولى الاكثر طولا بنسبة 48% من مجموع اطوال المجاري المائية الكلية، في حين كانت نسبة المجاري المائية من الرتبة الخامسة والسادسة 3.6% و1.18% على التوالي من مجموع أطوال المجاري المائية ، وفيما يتعلق بمتوسط اطوال المجاري المائية الى اعداد المجاري المائية في كل رتبة، فقد شكلت المجاري المائية من الدرجة السادسة اعلى متوسط 29.878 كم، في حين شكلت المجاري المائية من الدرجة الأولى ادنى متوسط طول 27.1كم، الملحق (8) . ويمكن التعبير عن العلاقة بين الرتب النهرية واعداد المجاري لحوض الجفر الشكل ، (42) .

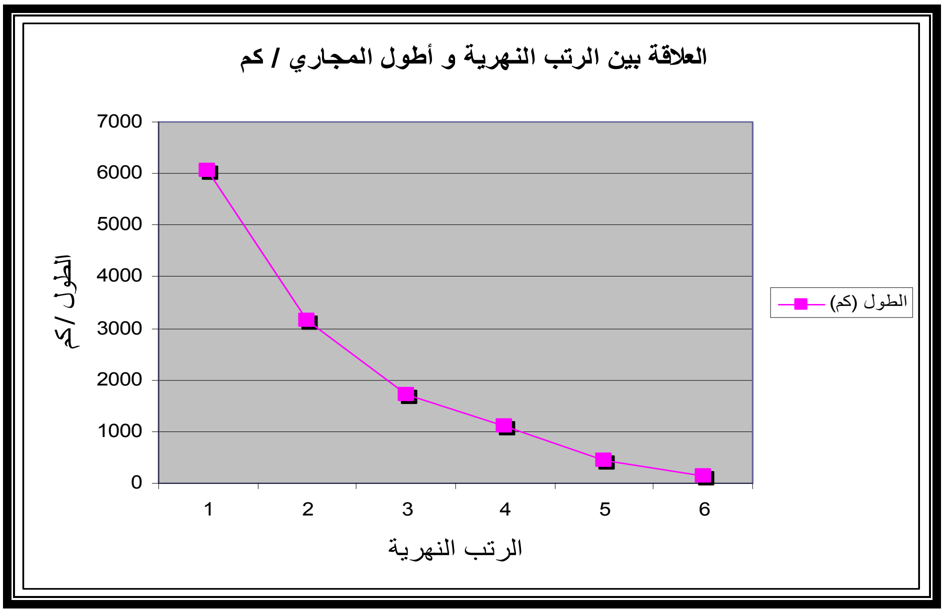


الشكل (42) العلاقة بين الرتب النهرية و أعداد المجاري المائية في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث)

كما يعتبر تكرار المجاري من الرتب المختلفة ليس منتظما، حيث يشكل كل (4.44 مجرى) من الدرجة الأولى مجرى من الدرجة الثانية، وكل (4.2 مجرى) من الدرجة الثانية مجرى من الدرجة الثالثة، كما يشكل كل (3.6 مجرى) من الدرجة الثالثة مجرى من الدرجة الرابعة، وكل (3.4 مجرى) من الدرجة الرابعة مجرى من الدرجة الخامسة، وكل (4.2 مجرى) من الدرجة الخامسة مجرى من الدرجة السادسة مما يدل على عدم وجود علاقة منتظمة بين الرتب النهرية واعداد المجاري المائية . كما يمكن التعبير عن العلاقة بين الرتب النهرية واطوال

المجاري المائية من خلال الشكل (43). حيث يتضح التباين في اطوال المجاري المائية في كل رتبة حيث يعبر ذلك عن نمو وتطور الشبكة المائية في حوض الجفر، حيث تنخفض بشكل عام معدلات التعرية والحت .



الشكل (43) العلاقة بين الرتب النهرية وأطوال المجاري المائية في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث)

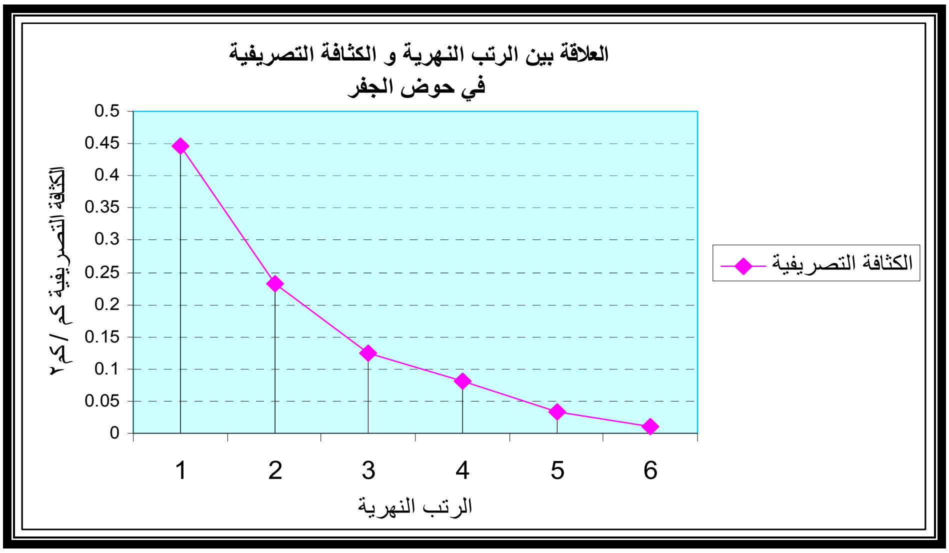
كما تتباين الاحواض المائية الثانوية في حوض الجفر من حيث الرتب، واعداد واطوال المجاري المائية وهذا يرتبط بمجموعة من العوامل الجيولوجية المتعلقة بطبيعة الصخر، كذلك بالعامل المناخي سواء من حيث الجفاف ، او ارتفاع معدلات الامطار نسبيا في الاجزاء الغربية من الحوض، بالاضافة الى مساحة الحوض المائي الثانوي ودرجات الانحدار، ونجد أن حوض وادي الرتمة يتكون من اكبر عدد من المجاري المائية حيث بلغ عددها 1128 مجرى بنسبة 18% من مجموع المجاري، كما شكلت اطوال المجاري المائية لهذا الحوض 24% من مجموع اطوال المجاري المائية في حوض الجفر. في حين لم يشكل حوض وادي رجلة سحول ودعة السمراء سوى 0.6% من اعداد المجاري المائية والتي لم تشكل اطوالها سوى 0.4% من مجموع اطوال المجاري المائية في حوض الجفر ، الملحق (8) .اخيرا يمكن القول ان خصائص الشبكة المائية في حوض الجفر ذات دلالة جميورفولوجية تتمثل في ضعف النشاط الحتي لاسباب مناخية تتعلق بقلة كميات التساقط، وعوامل جيولوجية ترتبط بنوع الصخر.

- الكثافة التصريفية (Drainage Density):

تعبر الكثافة التصريفية عن درجة تقطع سطح الارض بالأقنية المائية ومدى تأثرها بالنشاط الحتي، كما تعكس فعالية الجريان المائي في نقل الرواسب . وبالتالي تعكس الكثافة التصريفية المنخفضة في حوض الجفر والبالغة 0.93 كم/كم2 الظروف المناخية السائدة في حوض الجفر والمرتبطة بانخفاض معدلات الامطار،الملحق (9).

وتظهر عملية حساب الكثافة التصريفية لحوض الجفر و الاحواض الثانوية انخفاض الكثافة التصريفيه في حوض الجفر بشكل عام، كذلك في الاحواض الثانوية، فعلى سبيل المثال بلغت الكثافة التصريفية في حوض وادي الرتمة 0.98كم/كم2، وفي حوض وادي أبو طرفة 1.3 كم / كم2، وبالرغم من وجود منابع هذه الاحواض في اكثر المناطق رطوبة في حوض الجفر بالإضافة إلى كبر مساحتها إلا أنها كثافتها التصريفية منخفضة نتيجة انخفاض معدلات الامطار بشكل عام بالاضافة الى ارتفاع معدلات التبخر، كذلك الحال بالنسبة لحوض وادي العناب والذي يشكل 16.7% من مساحة حوض الجفر حيث تنخفض الكثافة التصريفية الى 0.70 كم / كم2 بسبب وقوعه ضمن اكثر النطاقات المناخية جفافا في حوض الجفر، وهذا ينطبق على جميع الاحواض الثانوية الأخرى في حوض الجفر،الملحق (9) .

وبالتالي يمكن القول أن إنخفاض الكثافة التصريفية في حوض الجفر يعبر عن ضعف النشاط الحتي المرتبط بالعوامل المناخية الناتجة عن قلة الامطار، والى حد ما بطبيعة الصخر الذي يتشكل منه حوض الجفر، وهذا يعكس ضعف العلاقة بين الكثافة التصريفية والرتب النهرية في حوض الجفر بشكل عام، الشكل (44).



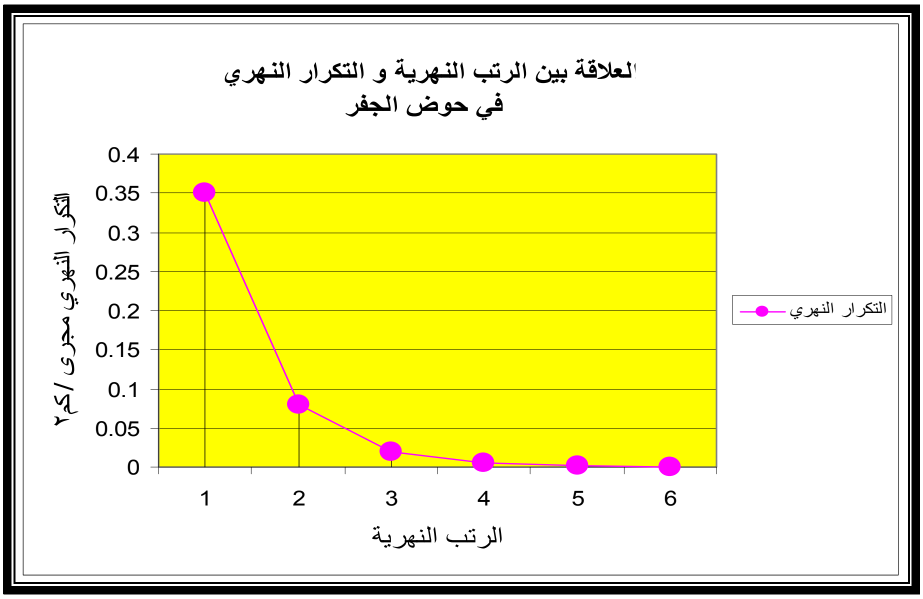
الشكل (44) العلاقة بين الرتب النهرية والكثافة التصريفية في حوض الجفر

(المصدر :عمل الباحث)

- التكرار النهري (Stream Frequency):

يعبر التكرار النهري عن العلاقة بين مساحة الحوض والرتب النهرية ، وبتطبيق المعادلة المتعلقة بالتكرار النهري نلاحظ انخفاض معدل التكرار النهري في حوض الجفر بشكل عام، حيث بلغ معدل التكرار النهري لحوض الجفر 0.46 مجرى / كم2، كما بلغت أعلى قيمة للتكرار النهري لمجاري الرتبة الاولى 0.35 مجرى / كم2، حيث تمثل هذه المجاري المرحلة الاولى لتطور المجاري المائية الرئيسية، وكانت ادنى قيمة للتكرار النهري للمرتبة السادسة 0.0003 مجرى/ كم2 وهذا ينطبق على الاحواض الثانوية الأخرى، فعلى سبيل المثال بلغ مجموع التكرار النهري لحوض وادي الرتمة 0.37 مجرى/ كم2، إذ شكلت الرتبة الأولى 0.28 مجرى / كم2 والرتبة السادسة 0.0003 مجرى/ كم، وبلغ مجموع التكرار النهري لحوض وادي العرفة 1.26 مجرى/ كم2 شكلت الرتبة الاولى والسادسة 0.095 مجرى / كم2، 0.001 مجرى / كم على التوالي ، اما حوض وادي غديرات زايد فقد بلغ معدل التكرار النهري 1.96 مجرى/ كم2 شكلت الرتبة الاولى والرابعة 1.59 مجرى / كم2، 0.02 مجرى / كم2 على التوالي، الملحق (9).

ويعتبر التكرار النهري ذو دلالة جيمورفولوجية في منطقة الدراسة تشير الى ضعف عمليات الحت الناتجة عن ظروف الجفاف السائدة، وان هناك مساحات واسعة ما زالت معرضة للحت المائي اذا ما توافرت الظروف المناخية المناسبة كتزايد التساقط السنوي للأمطار، ويمكن التعبير عن العلاقة بين الرتب النهرية والتكرار النهري في حوض الجفر من خلال العلاقة ، الشكل (45).



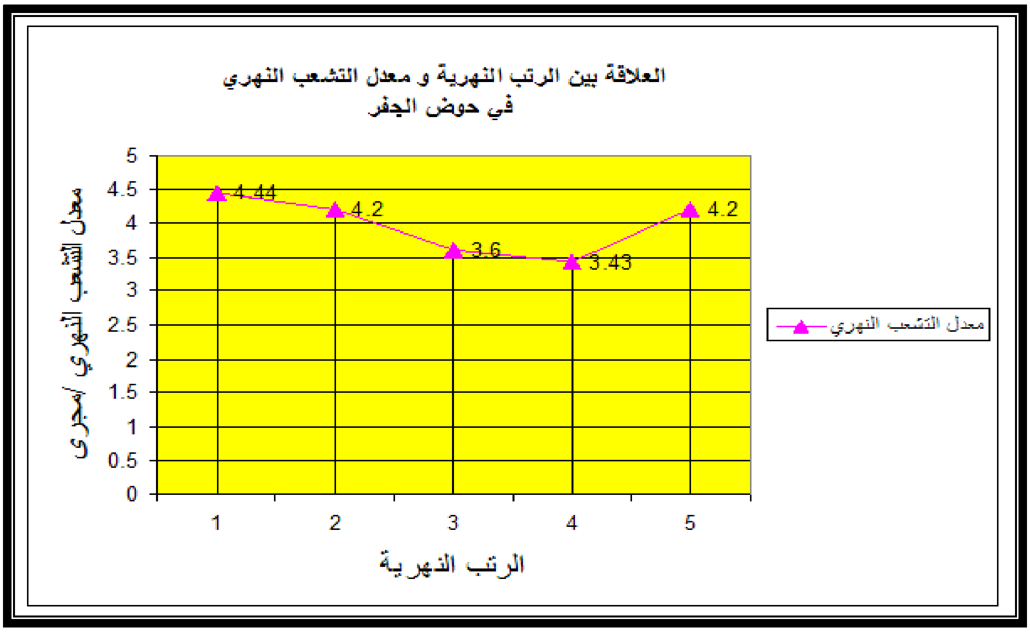
الشكل (45) العلاقة بين الرتب النهرية و التكرار النهري في حوض الجفر

(المصدر :عمل الباحث)

4- معدل التشعب النهري (Bifurcation Ratio):

تعكس نسبة التشعب مدى الانتظام في تتابع المجاري المائية للرتب النهرية حيث يشكل كل (4.44 مجرى) من الرتبة الأولى مجرى من الرتبة الثانية، كل (4.2 مجرى) من الرتبة الثانية مجرى من الرتبة الثالثة،كل (3.6 مجرى) من الرتبة الثالثة مجرى من الرتبة الرابعة، كل (3.43 مجرى) من الرتبة الرابعة مجرى من الرتبة الخامسة وكل (4.2 مجرى) من الرتبة الخامسة مجرى من الرتبة السادسة في حوض الجفر. وتتباين هذه النسب من حوض ثانوي الى آخر فنجد على سبيل المثال ان كل (5.24 مجرى) من الرتبة الاولى تشكل مجرى من الرتبة الثانية في وادي المرمك، وكل (5 مجاري) من الدرجة الأولى تشكل مجرى من الدرجة الثانية في حوض وادي ابو طرفة ،كما تشكل كل (4 مجاري) من الدرجة الخامسة مجرى من الدرجة السادسة في وادي الرتمة وكل (مجريان) من الدرجة الخامسة مجرى من الدرجة السادسة في حوض وادي أبو طرفة ،كما نجد ان كل (6 مجاري) في الدرجة الرابعة تشكل مجرى من الدرجة الخامسة في حوض وادي أبو طرفة وكل (مجريان) من الدرجة الرابعة (مجرى) من الدرجة الخامسة في حوض وادي العيرية ، الملحق (9) .

وبالتالي ليس هناك علاقة منتظمة بين الرتب النهرية سواء في حوض الجفر او في الاحواض الثانوية التي يتكون منها وأعداد المجاري المائية ونسب تشعبها، ويمكن توضيح العلاقة بين معدل التشعب النهري والرتب النهرية لحوض الجفر، الشكل (46).



الشكل (46) العلاقة بين الرتب النهرية ومعدل التشعب النهري في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث)

- قيمة الوعورة (Raggedness Valure):

تبين من خلال تطبيق قرينة قيمة الوعورة على حوض الجفر والأحواض الثانوية التي يتكون منها أن معدل قيمة الوعورة للأحواض الثانوية بلغ 1.8% حيث تباينت هذه القيمة من حوض ثانوي لآخر، حيث بلغت قيمة الوعورة لحوض وادي أبو طرفة 4.4%، حوض وادي الرتمة 2.4%، وحوض وادي الشبيكة 0.87%، وبالتالي يمكن القول أن قيمة الوعورة تقدم مؤشرا جيومورفولوجيا على كبر حجم الوحدات التضاريسية، و المرتبط بكبر مساحة حوض الجفر والبالغة 13608.4كم2 ، بالاضافة الى كبر مساحة الأحواض الثانوية كذلك كبر طول محيط حوض الجفر والبالغ 873.8كم و الأحواض الثانوية المشكلة له، الملحق (10) . وبالتالي يمكن القول أن وعورة السطح ترتبط بانخفاض معدل الحت، وأنه ما زالت هناك مساحات واسعة تنتظر لحتها، وهذا ما تم التوصل إليه من خلال إعداد المعامل الهبسومتري، كما يرتبط بانخفاض معدل القوام الإقليمي لحوض الجفر.

- معدل القوام الحوضي (Texture Ratio):

اقترح (سميث، 1950)القرينة المتعلقة بمعدل القوام الحوضي للتعرف على طبوغرافية الأحواض المائية من حيث فعالية نشاط الخندقة للمجاري المائية ، وبتطبيق هذه القرينة نجد أن متوسط القوام الحوضي للأحواض الثانوية في حوض الجفر بلغ 0.96،و بلغ أدنى معدل للقوام الحوضي لحوض وادي المصول 0.25، المطخ 0.29 المناوخ 0.31و أبو طرفة 0.32، أما أعلى

معدل للقوام الحوضي فقد بلغ 3.5 في حوض وادي رجلة سحول صغير المساحة، الملحق (10) .ويشير انخفاض معدل القوام الحوضي بشكل عام جيومورفولوجيا إلى انخفاض نسبة التقطع وكبر حجم الوحدات التضاريسية والتي ترتبط بكبر حجم الأحواض الثانوية بشكل خاص. وحوض الجفر بشكل عام، فمثلا لم يزيد معدل القوام الحوضي عن 0.58 في حوض وادي الرتمة والبالغة مساحته 3072.03كم2، وعن 0.31 في حوض وادي المناوخ والبالغة مساحته 2454.5كم2، الملحق (10) .

- معدل القوام الإقليمي :

لجأ الباحث إلى تطبيق القرينة التي اقترحها (سميث، 1950) لوصف القوام الإقليمي، وذلك لأن حوض الجفر يتكون من 16 حوضا مائيا ثانويا ، واعتبر (سميث، 1950) السطح وعرا إذا بلغ معدل القوام الإقليمي (أقل من 4)، ومعتدل الوعورة إذا تراوح معدل القوام الإقليمي ما بين (4-10)، كما اعتبر السطح مستويا إذا زاد المعدل عن (10)،وبالنسبة لحوض الجفر فقد بلغ معدل القوام الإقليمي (0.60) أي أقل من (4) وبالتالي يمكن اعتبار السطح في حوض الجفر وعرا ، الملحق (10) .

- نمط الشبكة المائية في حوض الجفر:

تتأثر الشبكة المائية لأي حوض مائي في مراحل تطورها ببعض العوامل البنائية والصخرية، الطبوغرافية والمناخية، وهذا يوجد أنماط مختلفة للشبكة المائية تختلف من حوض لآخر تبعا لهذه العوامل، ويمكن تحديد أهم أنماط الشبكة المائية المنتشرة في حوض الجفر على النحو الآتي :

1. النمط المركزي (Centripetal Pattern):

إذا ما أخذ حوض الجفر ككل نجد أن المجاري المائية تنحدر من مناطق تقسيم المياه باتجاه قاع الجفر والقيعان الأخرى والمنخفضات الواقعة في مركز الحوض، والتي تشكل مستوى أساس لهذه الأودية، الشكل (أ) ، الملحق (11) .

2. النمط الشجري (Dendritic Pattern):

يعتبر هذا النمط الأكثر انتشارا في حوض الجفر نظرا لتشابه صلابة الصخور و التجانس الى حد كبير في الظروف المناخية داخل الحوض، كما تمثل انعكاسا للصخور الرسوبية أفقية التطبق في حوض الجفر، كما هو الحال في حوض وادي الرتمة، الشكل (ب) ،الملحق (11) .

3. النمط المتوازي (Parallel Pattern):

ينتشر هذا النمط في حوض الجفر نتيجة تتابع المقعرات والمحدبات، كما هو الحال في حوض وادي أبو طرفة، الشكل(ج) ،الملحق (11) .

4. النمط الشعري الصدعي (Fault Trellis Pattern):

ينتشر هذا النمط في مناطق خضوع الشبكة المائية لامتداد الصدوع، كما هو الحال في حوض وادي العناب الذي يشكل امتدادا لصدع الكرك – وادي الفيحاء المتقطع، الشكل (د) ،الملحق (11) .

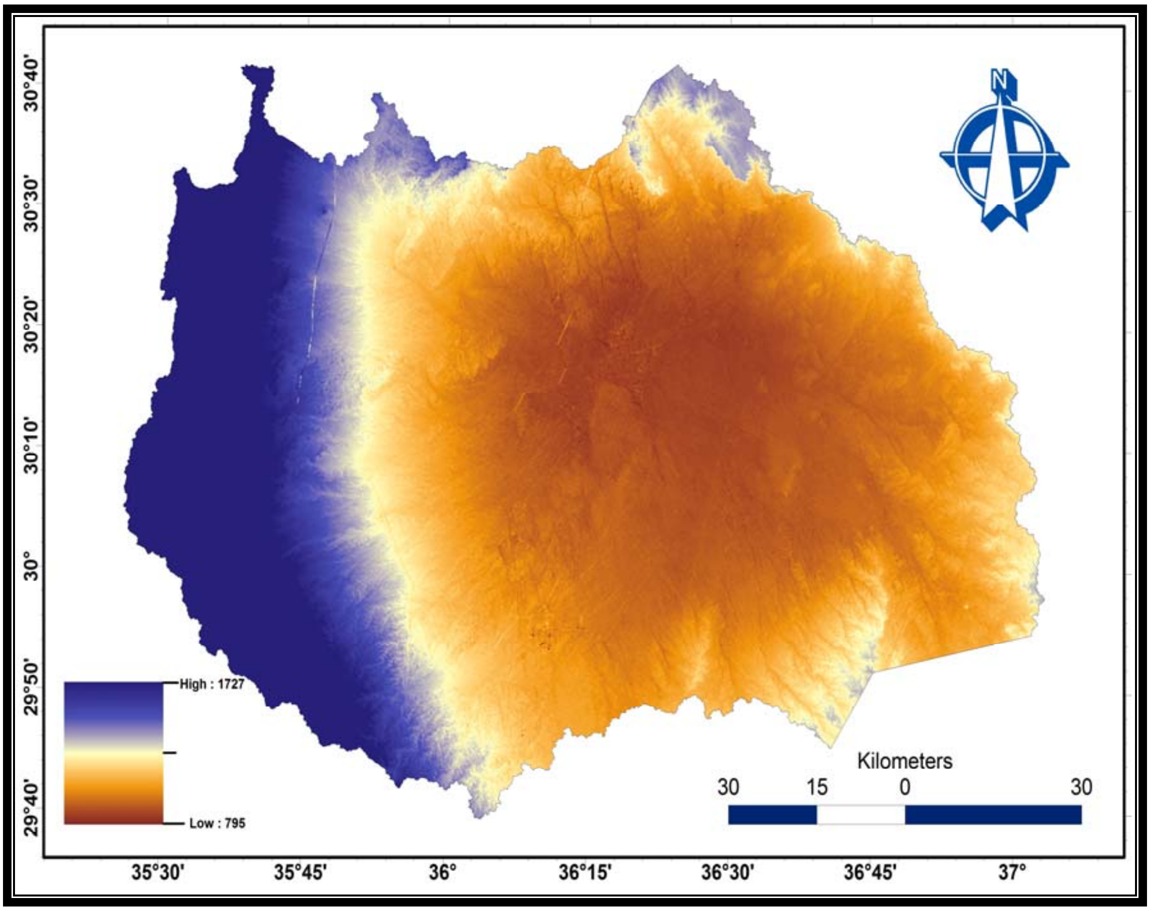
5.النمط المتعامد (Orthogonal Pattern):

ينشأ هذا النمط نتيجة تفاوت صلابة الصخور كما هو الحال في حوض وادي العرفة، الشكل (هـ) ،الملحق (11) .

4:3 الاشكال الارضية (Land Forms) :

تعتبر عملية دراسة وتحديد الاشكال الارضية بالغة الاهمية في تنفيذ المشاريع الهندسية التنموية، فبالإضافة لإعداد خرائط الانحدار ، خرائط التربة ، الخرائط الجيولوجية ، خرائط حجم التصريف المائي ، خرائط الامطار، خرائط التبخر وخرائط الارتفاعات تعتبرعملية اعداد خرائط تبين الأشكال الأرضية مدخل هام جدا في تنفيذ مشاريع الحصاد المائي في المناطق الجافة. إذ لا يمكن لدراسة الاشكال الارضية أن تحقق أهدافها بمعزل عن البيئة الحوضية التي تنتمي اليها من منطلق أن تطور الأحواض المائية يؤثر بشكل مباشر على أنواع وخصائص الأشكال الأرضية التي تنتشر فيها، كما تعتبر الاحواض المائية الأكثر انعكاسا للتغيرات البيئية التي تشهدها اشكال سطح الارض المختلفة. وإيمانا بضرورة إيلاء اهمية لهذا الجانب فقد تم تحديد أهم الأشكال الأرضية في حوض الجفر بالاعتماد على مجموعة من المتغيرات والتي تشتمل على :

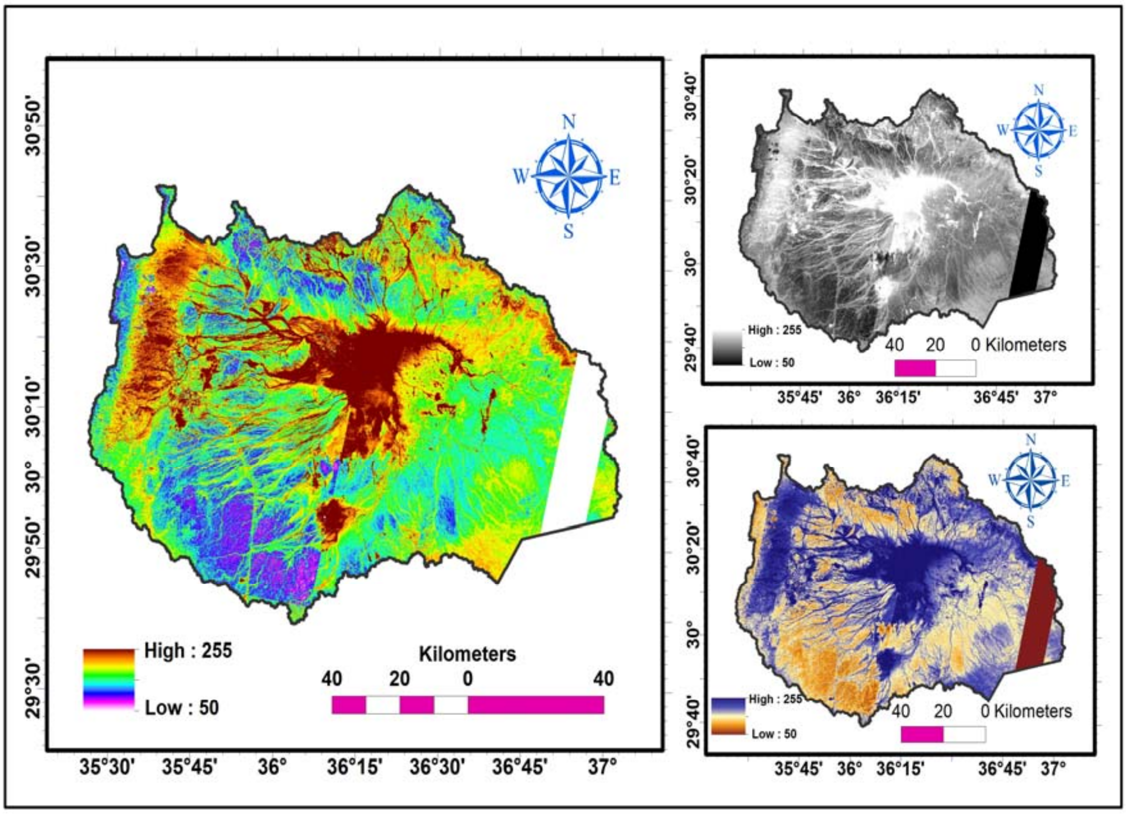
1- نموذج الارتفاع الارضي لمنطقة الدراسة (DEM) بقدرة تميزية 30م، الشكل (47).



الشكل (47) نموذج الارتفاع الأرضي لمنطقة الدراسة (DEM)

(Source: http://gdem.aster.erdas.or.jp/)

2.مرئية **فضائية إلتقطت عام 2006 من القمر الصناعي (ASTER)، الشكل (48).**



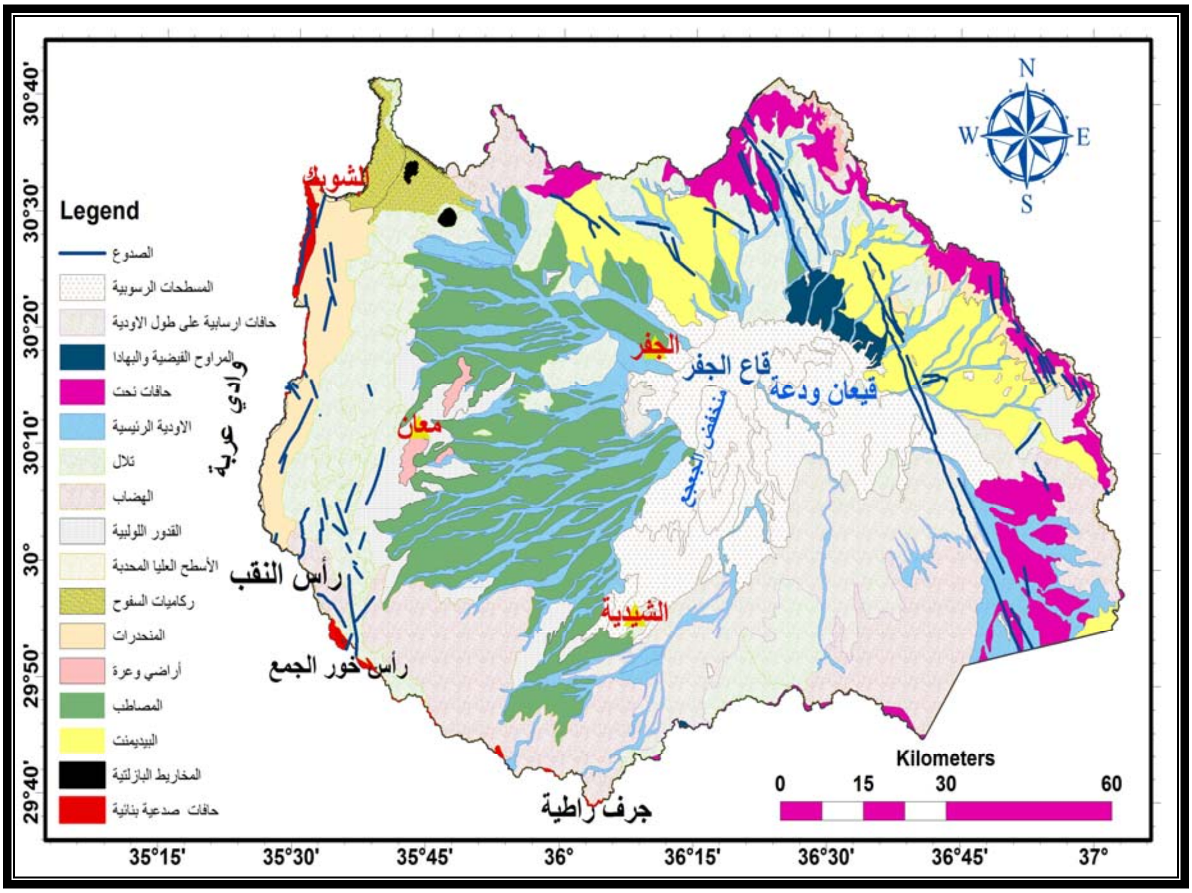
الشكل (48) مرئية فضائية لمنطقة الدراسة

(http://.aster.erdas.or.jp/Source:)

3.الخريطة الجيولوجية التي أعدها الباحث.

4.خريطة التربة التي اعدها الباحث.

حيث تبين من خلال التحليل امكانية تمييز ثمانية عشر شكلا أرضيا رئيسيا ، الشكل (49) ،حيث وجد تبايناً واضحاً في خصائص الأشكال الأرضية، كذلك تبايناً في خصائص الشكل الارضي الواحد من منطقة لأخرى ضمن منطقة الدراسة ، و يمكن ربط هذا التباين بخصائص البيئة الحوضية لحوض الجفرالجافة وكبيرة المساحة، بالإضافة الى تأثير العوامل الحالية والغابرة التي أدت الى تطور ونشأة الاشكال الارضية سواء أكانت الجيولوجية أم المناخية. وبالتالي يمكن اعتبار الاشكال الارضية في منطقة الدراسة محصلة للتفاعل بين عدة متغيرات انعكست بشكل واضح على النظام الجيموفولوجي لمنطقة الدراسة.



الشكل (49) الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة

(المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على عدة مصادر)

بناء على ما تقدم يمكن تصنيف الاشكال الارضية في منطقة الدراسة من حيث العوامل التي أدت الى نشأتها إلى:

أولا: الأشكال الأرضية من أصل بنيوي :

1-الحافات الصدعية : وتمثل الحافات الصدعية المطلة على وادي عربة في الجزء الغربي والشمالي الغربي من منطقة الدراسة، والحافة الصدعية المطلة على راس النقب، وحافة رأس خور الجمع، وحافة جرف راطية في الجهة الجنوبية والجنوبية الغربية من حوض الجفر . و يمثل هذا الشكل الأرضي شريط ضيق لا تتجاوز مساحة 39.2 كم2 بنسبة 0.33 % من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (19).

الجدول (19) مساحة الاشكال الارضية في منطقة الدراسة

الشكل الارضي	المساحة (كم^2)	النسبة من مساحة منطقة الدراسة (حوض الجفر داخل الاردن) (%)
أسطح عليا محدبة	14.6	0.12
المخاريط البازلتية	13.8	0.11
الأودية الرئيسية	1415.1	11.75
المراوح الفيضية	106.2	0.90
القدور اللولبية	406.5	3.4
الاراضي الوعرة	61.6	0.5
المسطحات الرسوبية	1616.2	13.41
المصاطب	1628	13.52
المنحدرات	448.4	3.72
الهضاب	1705	14.15
البيديمنت	906	7.52
التلال	1823	15.13
حافات النحت	663.6	5.51
حافات رسوبية على طول الاودية	1027.4	8.52
ركاميات السفوح والانزلاقات الارضية	170.4	1.41
حافات بنائية	39.2	0.33
المجموع	12045	100

(المصدر :عمل الباحث باستخدام (GIS) بالاعتماد على عدة مصادر)

وينتشر هذا الشكل ضمن التركيب الجيولوجي عمان – وادي السير، حيث تمثل هذه الحافات قطعا في الصخور الكلسية العقيدية، ويتراوح ارتفاعها بين 1020م في الحافة المطلة على جرف راطية، و 1700 م فوق مستوى سطح البحر في الحافات المطلة على وادي عربة، ويبين الملحق (1:12: أ - د) مقاطع تضاريسية للحافات الصدعية في منطقة الدراسة .

2- المخاريط البازلتيه (Basalt Cones) : وهي احدى الاشكال البنائية في منطقة الدراسة والتي تشكل مساحة 13.8 كم2 بنسبة 0.11% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (19).

وتظهر هذه الاشكال في الجزء الشمالي الغربي من منطقة الدراسة،حيث يمثل المخروط الأول

جبل عنيزه والذي يبلغ ارتفاعة 1100 م فوق مستوى سطح البحر ، الملحق (14) ، وجبل الدعجانية الى الشمال منه على ارتفاع 1200م فوق سطح البحر ، ويظهر الملحق (1:12: هـ - و) ، مقاطع تضاريسية للمخاريط البازلتية في حوض الجفر .

3- الصدوع (Faults) : حيث تم الاشارة الى الصدوع التي تنتشر في منطقة الدراسة بانواعها المختلفة في سياق الحديث عن التراكيب الجيولوجية في منطقة الدراسة آنفة الذكر.

ثانيا: الاشكال الارضية من اصل حتي:

1.البيديمنت: (Pediment) :

تنتشر معظم العتبات الصخرية في منطقة الدراسة ضمن النطاقات التي يطغى عليها تركيب الموقر الى الشمال والشمال الغربي من قاع الجفر، وفي أجزاء محدودة ضمن تركيب ام رجام والكرنب ، وتشكل مساحة هذا الشكل الارضي 906 كم2 بنسبة 7.52% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). كما تتميز هذه الاشكال بأنها ذات انحدار لطيف إذ تقل درجات الانحدار عن 5 درجات في حدها الأعلى . وتنشط عمليات الحت في الأجزاء العليا من البيديمنت في حين تنشط عمليات الترسيب في اجزائها الوسطى، ويبين الملحق (2:12: أ) مقطعا تضاريسيا لبيديمنت في منطقة الدراسة.

2-المصاطب النهرية: (Stream Terraces) :

ينتشر هذا النوع من الاشكال الارضية الى الغرب من قاع الجفر على جوانب الاودية الرئيسية بشكل واضح، اذ تمثل هذه المنحدرات أكثر أجزاء منطقة الدراسة نشاطا حتيا ورسوبيا، ويرتبط ذلك بإرتفاع معدلات الامطار في الأجزاء العليا من الاودية، وارتفاع درجات الانحدار مقارنة ببقية اجزاء منطقة الدراسة، الشكل (49). وتبلغ مساحة المناطق التي تنتشر فيها المصاطب النهرية 1628 كم2 بنسة 13.52% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). وينتشر هذا الشكل الارضي ضمن المناطق التي تتبع تكوين رجام الجيولوجي، ويبين الملحق (2:12: ب) مقطعاً تضاريسياً لمصطبة صخرية في منطقة الدراسة.

3- الاراضي الرديئة (Bad Lands):

تنتشر الاراضي الرديئة في المناطق التي تنشط فيها عمليات التعرية المائية نتيجة حدوث زيادة طارئة في الجريان المائي. حيث تنتشر الى الجنوب والجنوب الشرقي من معان ضمن

المناطق التي شهدت حدوث فيضانات مفاجئة ، كذلك أعلى تلول الشومري عند منابع وادي الشومري، الشكل (49). وتنتشر الاراضي الوعرة ضمن تركيبي أم رجام والموقر الجيولوجيين. وتبلغ مساحة الأراضي شديدة الوعورة في منطقة الدراسة 61.6 كم2 بنسبة 0.5 % من مساحة منطقة الدراسة. الجدول (18). وهنا يجب الاشارة بأن الاراضي الوعرة او المتضرسة او المقطعة أو الرديئة تنتشر بشكل واسع في منطقة الدراسة ولكن تمت الإشارة لها في سياق الحديث عن الاشكال الارضية الرئيسية التي تنتشر على اسطحها كالسفوح المقطعة او التلال المقطعة او الهضاب المقطعة وغيرها. وتمثل الاراضي الوعرة في هذا المقام الاراضي شديدة التضرس والتقطع كما يظهر في المقطع التضاريسي ، الملحق (2:12: ج).

4- المنحدرات الجبلية المرتفعة في الاردن وفي منطقة الدراسة: (High Lands Slopes):

تمثل المنحدرات التي تنحدر بإتجاه المناطق الشرقية في حوض الجفر والتي تمثل الجهة المقابلة لصدع وادي عربة والتي يتراوح ارتفاعها ما بين (1500 وأكثر من 1700 م فوق مستوى سطح البحر) الشكل (49). ويطغى على هذه المنحدرات تركيب عمان- وادي السير الجيولوجي وتزيد معدلات الامطار فيها عن 200 ملم، وهي الاعلى في منطقة الدراسة. وتبلغ مساحة هذه المنحدرات 448.4 كم2 بنسبة 3.72 % من مساحة منطقة الدراسة ، الجدول (18). وتتميز هذه المنحدرات بأنها شديدة التقطع في صخور الحجر الكلسي العقيدي كما يظهر في المقطع التضاريسي ، الملحق (2:12: د).

5- ركاميات السفوح والانزلاقات الارضية:

وهي رواسب الحطام والحصى الناتجة عن تأثير الجاذبية، وتعود الى عصر البلايستوسين وما زالت مستمرة حتى الآن. ويشمل هذا الشكل الاراضي المواد المتجمعة على طول السفوح الجبلية لجبل أم حيطان والتي تمتد على طول الحافة الصدعية المطلة على وادي عربة في اقصى الجزء الشمالي الغربي من منطقة الدراسة وبالاتجاه جنوباً الى الفجيج ، والى الجنوب الشرقي حيث سفوح جبل الدعجانية، وتنتشر فيها بعض البروزات البازلتيه، الشكل (49). وتتبع الاجزاء الشمالية من هذه السفوح تركيب عمان – وادي السير في حين تتبع السفوح التي تحيط بجبل الدعجانية تركيب رجام وادي الشلالة الجيولوجي، ويتراوح ارتفاع هذه المناطق ما بين 1100 و 1550 م فوق مستوى سطح البحر، وتزيد معدلات الامطار عن 200 ملم. وتبلغ مساحة المناطق التي يشغلها هذا الشكل الارضي 140.4 كم2، بنسبة 1.41 % من مساحة منطقة الدراسة ،

الجدول (18). وتعتبر هذه السفوح مثالا على السفوح المدرجة والمقطعة والمغطاه بالرواسب الفيضية والحصى والحطام الصخري كما يظهر في المقطع التضاريسي ،الملحق (2:12: هـ).

6-الأسطح العليا المحدبة (Convex High Plain):

يؤدي تفاوت التكوينات الصخرية الى نشوء المحدبات بفعل نشاط عمليات الحت في التكوينات الاكثر ضعفاً. وتنتشر بعض هذه المحدبات ضمن تكوين الموقر الجيولوجي ضمن نطاق ضيق في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة، الشكل (49) . في مساحة لا تتجاوز 14.6 كم2 بنسبة 0.12 % من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). ويبين المقطع التضاريسي ، الملحق (2:12: و) محدبات الاسطح العليا في حوض الجفر.

7-القدور اللولبية:

نشأت القدور اللولبية في حوض الجفر بفعل عمليات الحت الريحي أحادي الاتجاه لبعض المكاشف الصخرية المتجانسة والضعيفة والتي تتبع تكوين الموقر الجيولوجي، حيث يتضح وجود انحدارسحيق في اتجاه الرياح السائدة الشمالية الشرقية، في حين يقابله انحدار معتدل في الجهة المقابلة لاتجاه الرياح، والتي تتبع تكوين عمان – وادي السير، وتكوين الرجام، الشكل (49). وتبلغ مساحة المناطق التي ينتشر فيها هذا الشكل الارضي 406.5 كم2 بنسبة 3.4% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). و تظهر القدور اللولبية في الغالب على شكل قوارب في الصور الفضائية، الملحق (3:12: أ) .

8- الهـضاب (Plateau):

تطغى الاشكال الهضبية على معظم المناطق المرتفعة في الاجزاء الشمالية والجنوبية من حوض الجفر اسفل خطوط تقسيم المياه، حيث تقع ضمن تركيب أم رجام في الاجزاء الشمالية وضمن تركيب عمان – وادي السير في الاجزاء الجنوبية، الشكل (49). وتبلغ مساحة الاراضي الهضبية 1705 كم^2 بنسبة 14.15% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). وتتفاوت الهضاب من حيث مساحتها، ومن حيث درجة تضرسها نظرا لاختلاف التراكيب الجيولوجية التي تقع ضمنها. فوجد في منطقة الدراسة انواع مختلفة من الهضاب شديدة التقطع، والهضاب المائلة، والهضاب لطيفة الميل، والهضاب غير المقطعة، كما وُجد بقايا هضاب ولكنها تعرضة لعميات الحت والتسوية، ويبين الملحق (3:12: ب – هـ) مقاطع تضاريسة للهضاب في حوض الجفر.

9- التلال (Hills):

تشكل الاراضي التلية أعلى نسبة تشغلها الاشكال الارضية في منطقة الدراسة حوالي 1823كم2 بنسبة 15.13% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18) . ويرد ذلك الى نشاط عمليات الحت الريحي في منطقة الدراسة والتي حولت الكثير من الاشكال الارضية الى اشكال تلية، وخاصة نشاط عمليات الحت الريحي في الحجر الكلسي العقيدي، الشكل (49). وتتباين التلال من حيث ارتفاعها، ومناطق انتشارها في حين نجدها تشكل اراضي متموجة من التلال كما هو الحال في الأجزاء الغربية من منطقة الدراسة في المنطقة الممتدة من جبل عنيزة وبالإتجاه جنوبا حتى تلال رأس النقب القبلية، في حين لا تعدو ان تكون تلال منعزلة كما هو الحال في تل ودعة الشهباء الى الشرق من قاع الجفر وسط قيعان ودعة، ويمثل الملحق (3:12: و - ح) مقاطع تضاريسية لبعض التلال المنتشرة في منطقة الدراسة.

10- الأودية (Streams):

نشأت معظم الأودية الصحراوية إبان الفترات البلايستوسينية المطيرة بما في ذلك الأودية التي تنتشر في حوض الجفر. وتتباين هذه الأودية في أطولها، كما تبين ذلك من خلال المقاطع التضاريسية والانحدارية التي تم اعدادها للأودية في منطقة الدراسة، وهذا يعني ضياع كميات كبيرة من مياه الامطار قبل وصولها الى بيئات المصب، الشكل (49). وتبين من خلال اعداد خرائط التربة ان الأودية المنحدرة جنوب قاع الجفر تحولت الى أودية رسوبية وخاصة في الاجزاء الدنيا منها. فعلى سبيل المثال وجد الباحث تراكم الرواسب البلايستوسينية في أسرة أودية العناب والفيحاء الواقعة في الجزء الجنوبي الشرقي من قاع الجفر، والتي تمتد داخل الحدود السعودية. كما وجد الباحث سرعة زوال بعض الاودية وخاصة الى الغرب من قاع الجفر وبالاتجاه نحو المرتفعات بفعل نشاط عمليات الترسيب وهذا يتضح من خلال انتشار المصاطب الصخرية والحصوية والرملية على جوانب الأودية في هذه الاجزاء، كما يفسر نشاط عمليات الترسيب في هذه الأجزاء قلة عمق واتساع الأودية. كما تبين من خلال الدراسة ان معظم الأودية في منطقة الدراسة هي أودية جافة نشأت في تراكيب جيولوجية متنوعة ادت الى تنوع المواد الرسوبية واعمارها. وتبلغ مساحة الأودية الرئيسة في منطقة الدراسة والتي تتجه صوب قاع الجفر 1415 كم2 بنسبة 11.75 % من مساحة منطقة الدراسة. الجدول (18).

11- حافات نحت (Eroded Escarpments):

نشأت حافات النحت في منطقة الدراسة في الأجزاء الواقعة الى الشمال والشرق، والجنوب الشرقي من قاع الجفر بفعل نشاط عمليات التعرية الريحية، على الجوانب المواجهة للرياح المحملة بالذرات والحبيبات الرملية والتي تزيد من النشاط الحتي، الشكل (49). وتبلغ مساحة المناطق التي تشغلها حافات النحت في منطقة الدراسة 663.6 كم2 بنسبة 5.51% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول(18). وتتباين هذه الحافات من حيث درجات انحدارها، واتجاهات انحدارها، وتكرارها، فنجد حافات النحت في اتجاه واحد كما هو الحال في الحافات الجنوبية لتلال الشومري والمناطق المحيطة بها كحافات جبال كزيمة والتي يتكرر وجودها في الحجر الكلسي العقيدي في تركيب الموقر الجيولوجي . كما تنتشر الحافات ذات القمم المحدبة الواسعة في التلال المتموجة كتلال قبور العجايز، وتليل الجموع الى الشرق والجنوب الشرقي من قاع الجفر حيث تتكرر هذه الحافات في جميع الاتجاهات حول التلال كما يظهر في المقاطع التضاريسية، الملحق (4:12:أ - د) .

ثالثا: الاشكال الارضية الارسابية (Deposition Land Forms):

ادى نشاط عمليات الحت المائي والريحي على المنحدرات الى ايجاد بيئات ترسيب عند مستويات الاساس لهذه الاودية تمثلت في القيعان،الخباري،المنخفضات،الحافات الرسوبية والمراوح الفيضية، الشكل (49).

1.المراوح الفيضية والبهادا (Alluvial Fans and Bajada):

تنتشر المراوح الفيضية عند اقدام الجبال التي تنتهي إليها بعض الأودية على شكل بهادا (Bajada) والتي تتبع تركيب الموقر الجيولوجي ، الشكل (49). وتبلغ مساحة المناطق التي تشغلها المراوح الفيضية 106.2 كم2 بنسبة 0.9% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). وتبين من خلال اعداد مقاطع تضاريسية للمراوح الفيضية في منطقة الدراسة التناقص التدريجي ما بين قمتها (Apex) وهو أعلى جزء من المروحة، بالاتجاه نحو منطقة القدم (Toe Area) نتيجة تناقص حجم الرواسب باتجاه اسفل المراوح الفيضية، الملحق (5:12:أ) .

2. الحافات الأرسابية (Deposition Escarpments):

يشكل هذا الشكل الارضي حافات من الرواسب الحصوية التي تحولت الى حافات من الرواسب الأكثر نعومة بالاتجاه صوب مستوى الاساس للأودية، ويظهر ذلك جلياً على طول

الأودية الواقعة شرق وجنوب شرق قاع الجفر، الشكل (49). وتبلغ مساحة الأراضي التي تشغلها الحافات الرسوبية 1027.4 كم2 بنسبة 8.52% من مساحة منطقة الدراسة، الجدول (18). وتتباين الحافات الرسوبية من حيث درجات إنحدارها ، ارتفاعها، وحجم وشكل المواد الرسوبية كما يظهر في المقطع ،الشكل الملحق (5:12:ب) .

3. القيعان والخباري والمنخفضات (Playas, Khubari and Depressions):

تتوسط المسطحات الرسوبية المعروفة بالقيعان طبوغرافية حوض الجفر ذات التصريف المركزي، والتي جفت وتحولت الى بحيرات داخلية خلال الفترات البلايستوسينية المطيره ثم اخذت تجف تدريجياً مع انتشار واستمرار ظروف الجفاف. وتحولت المسطحات الرسوبية في منطقة الدراسة الى مسطحات رسوبية جافة نظرا لإرتفاع معدلات التبخر، وقلة كميات الأمطار ، والعوامل طبوغرافية الشكل (49). وتبلغ مساحة المسطحات الرسوبية في منطقة الدراسة، 1616.2 كم2 بنسبة 13.41% من مساحة منطقة الدراسة،الجدول (18) ، وتنتشر في منطقة الدراسة مجموعة من القيعان أكبرها قاع الجفر والذي تبلغ مساحته حوالي 282 كم2، والذي يعتبر مستوى الاساس لمعظم الأودية التي تنحدر صوبه من كل الاتجاهات والذي يتكون من الغرين والطين الناعم، ويمتازسطحه بالتموج والتشقق نتيجة عمليات الترطيب والتجفيف المستمرين، الملحق (5:12:ج) . ويظهر الى الجنوب الشرقي من قاع الجفر مجموعة من القيعان الصغيرة يطلق عليها أسم قيعان ودعة يتخللها بعض التلال الصغيرة كتلال ودعة الشهباء، الملحق (5:12: د) . اما باقي القيعان الرسوبية فتنتشر على إرتفاعات مختلفة تتحكم فيها الظروف الطبوغرافية لمنطقة الدراسة كقاع المطخ ،قاع الشيديه، وقاع ابو ظليمة ويظهر الملحق (5:12:هـ) مقطعا تضاريسيا لقاع العيرية . وتنتشر على جوانب قاع الجفر بعض المنخفضات الرسوبية كمنخفض الجعجع والذي تختلف خصائص المواد الإرسابية فيه عن خصائص المواد المكونة لقاع الجفر. وبالرغم من انتشار الخباري في حوض الجفر إلا أن مساحتها ضئيلة لا تتجاوز 9.2 كم2، حيث تعتبر احواض صغيرة مقفلة لبعض مجاري الاودية ذات تربة قليلة السمك تكسوها طبقة سطحية ملحية، وذات تربة ناعمة ، ومن الامثلة عليها في منطقة الدراسة خباري الغوير، خباري العرفة وخباري الرويشد، ويبين الملحق (5:12:و) مقطعا تضاريسيا لخباري العرفة.

الفصل الرابع

الموازنة المائية في حوض الجفر

1:4 تمهيد

2:4 تقدير التبخر الكامن

3:4 تقدير الفرق بين معدلات الأمطار والتبخر الكامن

4:4 تقدير تراكم عجز الرطوبة

5:4تقدير رطوبة التربة

6:4 تقدير التبخر الحقيقي

7:4 تقدير الفائض والعجز المائي

8:4 نتائج الموازنة المائية في حوض الجفر

1:4 تمهيد :

يعتبر الاستخدام الأمثل للموارد المائية بالغ الأهمية في الوقت الحاضر ، لذا لابد من وجود إجراءات كافية ، عقلانية ومبنية على أسس علمية في حوض الجفر للمحافظة على موارد المياه المتاحة ، حيث تعتبر عملية الحصاد المائي من أهم الخطوات المنطقية لتحقيق هذا الهدف من خلال تقدير الموازنة المائية .

حيث تمثل عملية تقدير الموازنة المائية وبالتوافق مع (GIS&R.S) قواعد أساسية لتحديد الفائض أو العجز المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة في الأردن بشكل عام، وفي حوض الجفرعلى وجه الخصوص نظرا لما يعانيه الأردن من عجز مائي مستمر نتيجة قلة مصادر المياه السطحية وانخفاض معدلات الأمطار السنوية وتذبذبها من عام لآخر، وبالتالي فإن عملية تقدير الموازنة المائية في منطقة ما تساعد على فهم النظام المائي لهذه المنطقة .

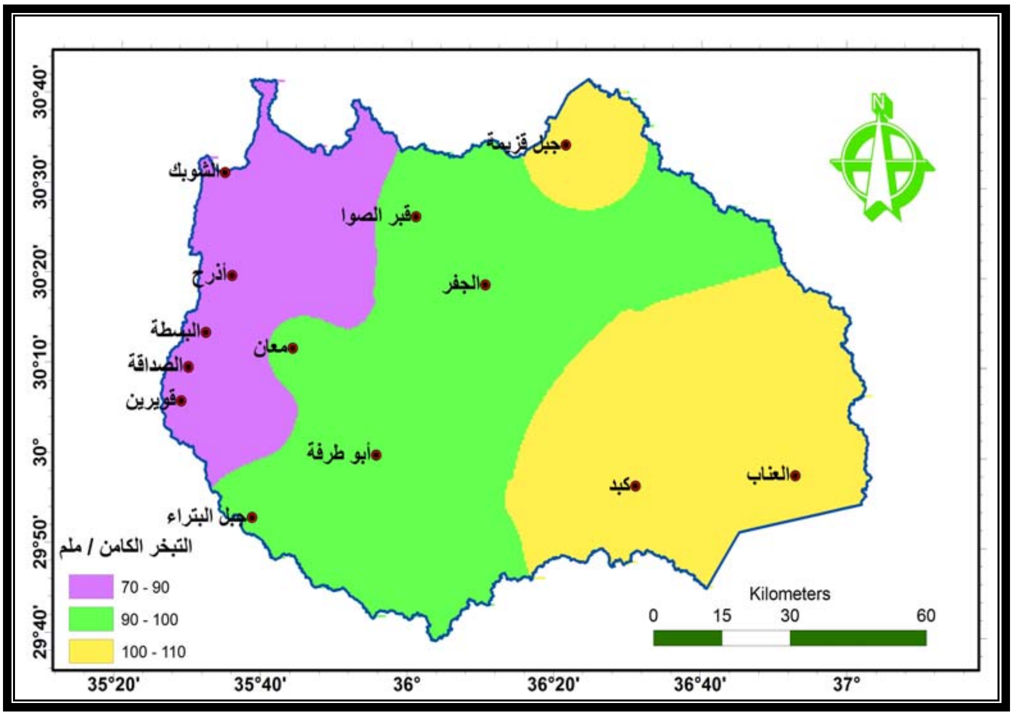
2:4 تقدير التبخر الكامن :

يعتبر نموذج ثورنثويت وماذر (TM) ذو فائدة كبيرة باعتباره من النماذج البسيطة التي يمكن استخدامها لتقدير الموازنة المائية للأحواض المائية الصغيرة والكبيرة على حد سواء ، حيث يمكن باستخدام هذا النموذج لحساب التبخر الكامن (Potential Evapotranspiration) من خلال المعادلة التالية:

- PET = 1.6 x C x (10 x T/I) ^{a}

(Thornthwait and Mather,1955,1957)

و تستخدم هذه المعادلة لحساب التبخر الكامن كما يظهر في الشكل (50) .



الشكل (50) التبخر الكامن في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (ثورنثويت و ماذر،1957،1955م)

3:4 تقدير الفرق بين معدلات الأمطار والتبخر الكامن(P-PET) :

بعد أن تم تقدير التبخر الكامن في حوض الجفر لا بد من تقدير (P – PET) ، حيث يتم تقدير الفائض المائي (+) (Water Excess) أو العجز المائي (-) (Water Deficit) ، ويتضح من خلال حساب (P-PET) لكافة المحطات المتاحة في حوض الجفر تباين قيمها من شهر لآخر، ففي محطة الشوبك تمتد شهور الفائض المائي من شهر تشرين ثاني الى شهر نيسان ، وهذا ما ينطبق أيضا على محطات أخرى مثل محطات الصداقة ، القويرين ، أذرح والبسطة ، كما تبين من خلال استخراج قيمة (P-PET) أن المحطات آنفة الذكر هي ذات المحطات التي تتمتع بفائض مائي سنوي مقارنة ببقية المحطات ذات العجز المائي كمحطة معان ، الجفر ، أبو طرفة ، العناب ،كبد وقبر الصوا ،الجدول (20) ، وبالتالي يمكن اعتبار الموازنة المائية المعبرعنها بـ (P-PET) والمقدرة من خلال معادلة (TM,1955,1957) مؤشرا يجب أخذه بعين الاعتبارعند تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر .

4:4 تقدير تراكم عجز الرطوبة :

تعتبر عملية تقدير قيمة (P-PET) لحوض الجفر خطوة سابقة لتقدير تراكم عجز الرطوبة لكل شهر لـ (P-PET)، أو ما يسمى الفاقد المحتمل المتراكم للرطوبة (Accumulated Potential Wetness Loss) (APWL) ، حيث تكون قيمة (APWL) صفرا في الشهور الموجبة لـ (P-PET)، وتبدأ عملية احتساب قيمة (APWL) مع بداية القيم السالبة لـ (P-PET)

أي بحلول شهور الجفاف ، الجدول (20)، ووجد الباحث أن قيمة (APWL) تعتبر مؤشرا على رطوبة التربة والتي تفسح المجال للجريان السطحي في الشهور التي لا تشهد عجزا في تراكم الرطوبة ، وبالتالي امكانية الاستفادة من ذلك في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر كما أن طول الفترة الزمنية (عدد الشهور) التي لا تشهدا عجزا في الرطوبة قد تعطي لتلك المنطقة فرصة اكبر للحصاد المائي وهذا ينطبق على بعض المحطات كمحطة الشوبك والتي لا تشهد عجزا في الرطوبة من شهر كانون أول وحتى نيسان ، ومحطة القويرين التي لا تشهد عجزا في الرطوبة من شباط وحتى نيسان وغيرها من المحطات ، أما محطات أخرى كمعان ، جبل كزيمة ، كبد ، أبو طرفة ، العناب والجفر فهي تشهد تراكما في عجز الرطوبة طوال العام ، وبالتالي لا تعتبر هذه المناطق مناسبة لاقامة مشاريع الحصاد المائي لعدم وجود جريانا سطحيا وان كان فانه مرتبط بالفيضانات التي لا تتكرر الا خلال سنوات طويلة .

الجدول رقم (20) عناصر الموازنة المائية في حوض الجفر

محطة الشوبك													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	4	5	8	12.1	15.6	18.6	20.5	20.5	18.4	15	9.6	5.6	12.7
قرينة الحرارة الشهرية (I)	0.7	1.0	2.0	3.8	5.6	7.3	8.5	8.5	7.2	5.3	2.7	1.2	53.7
دالة القرينة الحرارية(a)	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	0.9	1.3	2.7	5.0	7.8	10.4	11.5	11.1	8.6	6.2	3.0	1.5	70.2
التساقط (مم)	65.8	58.2	44	16.7	1.9	0	0	0	0	4.7	18.7	49.2	259.2
التساقط-التبخر الكامن	64.9	56.9	41.3	11.7	-5.9	-10.4	-11.5	-11.1	-8.6	-1.5	15.7	47.7	189.0
تراكم عجز الرطوبة	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.9	-16.3	-27.8	-38.9	-47.6	-49.1	-33.5	14.3	

محطة الصداقة													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	6.4	7.7	10.5	14.8	18.3	20.9	22.2	22.4	20.8	17.1	11.6	7.8	15.04
قرينة الحرارة الشهرية (I)	1.5	1.9	3.1	5.2	7.1	8.7	9.6	9.7	8.7	6.4	3.6	2.0	67.3
دالة القرينة الحرارية(a)	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	1.3	1.8	3.2	5.8	9.0	11.6	12.4	12.2	9.7	6.8	3.3	1.8	78.8
التساقط (مم)	27.1	25.8	23.8	8.2	1	0	0	0	0	1.8	6.4	24	120
التساقط-التبخر الكامن	25.8	24.0	20.6	2.4	-8.0	-11.6	-12.4	-12.2	-9.7	-5.0	3.1	22.2	39.3
تراكم عجز الرطوبة	-7.7	16.4	0.0	0.0	-8.0	-19.6	-32.0	-44.1	-53.9	-58.9	-55.7	-33.5	

محطة قويرين													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	4.8	6.1	9.62	14.7	19.04	22.7	25	25	22.5	18.22	11.7	6.8	15.52
قرينة الحرارة الشهرية (I)	0.9	1.4	2.7	5.1	7.6	9.9	11.4	11.4	9.7	7.1	3.6	1.6	72.5
دالة القرينة الحرارية(a)	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	0.7	1.1	2.6	5.5	9.3	13.1	14.9	14.4	10.9	7.3	3.1	1.3	84.0
التساقط (مم)	24.6	25.43	20.03	9.24	0.34	0	0	0	0	2	6.2	24.6	113
التساقط-التبخر الكامن	23.9	24.4	17.5	3.8	-9.0	-13.1	-14.9	-14.4	-10.9	-5.3	3.1	23.3	28.4
تراكم عجز الرطوبة	-17.2	7.2	0.0	0.0	-9.0	-22.1	-36.9	-51.4	-62.3	-67.5	-64.4	-41.1	

محطة قبر الصوا

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	7.23	8.7	12	16.8	20.7	23.64	25.21	25.4	23.5	19.3	13.2	8.8	17.04
قرينة الحرارة الشهرية (I)	1.7	2.3	3.8	6.3	8.6	10.5	11.6	11.7	10.4	7.7	4.3	2.4	81.3
دالة القرينة الحرارية(a)	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	1.1	1.6	3.3	6.4	10.3	13.8	15.0	14.8	11.5	7.6	3.4	1.6	90.5
التساقط (مم)	6	6	5.5	2	0.3	0	0	0	0	3	2.3	4.1	29
التساقط-التبخر الكامن	4.9	4.4	2.2	-4.4	-10.0	-13.8	-15.0	-14.8	-11.5	-4.6	-1.1	2.5	-61.3
تراكم عجز الرطوبة	-68.0	-63.6	-61.3	-4.4	-14.4	-28.2	-43.3	-58.1	-69.6	-74.2	-75.3	-72.8	

محطة معان													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	7.4	8.9	12.2	17.2	21.2	24.2	25.8	26	24.1	19.8	13.5	9	17.4
قرينة الحرارة الشهرية (I)	1.8	2.4	3.9	6.5	8.9	10.9	12.0	12.1	10.8	8.0	4.5	2.4	84.3
دالة القرينة الحرارية(a)	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	1.1	1.6	3.2	6.5	10.7	14.4	15.7	15.5	12.0	7.9	3.4	1.6	93.5
التساقط (مم)	8.4	8	6.21	3	1.1	0	0	0	0.3	4.5	2.53	6	42
التساقط-التبخر الكامن	7.3	6.4	3.0	-3.5	-9.6	-14.4	-15.7	-15.5	-11.7	-3.4	-0.9	4.4	-53.5
تراكم عجز الرطوبة	-62.9	-56.5	-53.5	-3.5	-13.1	-27.5	-43.2	-58.6	-70.4	-73.8	-74.6	-70.2	

محطة كزيمة													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	8	9.5	13	18.3	22.54	25.73	27.43	27.64	25.62	21.1	14.4	9.6	18.6
قرينة الحرارة الشهرية (I)	2.0	2.6	4.2	7.1	9.8	11.9	13.2	13.3	11.9	8.8	5.0	2.7	92.6
دالة القرينة الحرارية(a)	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	1.0	1.5	3.2	6.9	11.7	16.2	17.9	17.6	13.5	8.6	3.5	1.5	103.2
التساقط (مم)	8.4	8.14	7.73	2.7	0.4	0	0	0	0	3.8	3.21	5.75	41
التساقط-التبخر الكامن	7.4	6.6	4.5	-4.2	-11.3	-16.2	-17.9	-17.6	-13.5	-4.8	-0.2	4.3	-63.0
تراكم عجز الرطوبة	-74.2	-67.5	-63.0	-4.2	-15.5	-31.7	-49.6	-67.2	-80.7	-85.5	-85.8	-81.5	

محطة كبد													
السنة	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
18.52	8.1	13.94	21.74	26.8	29.8	29.83	27.04	22.73	17.54	11.5	7.2	6	معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)
94.7	2.1	4.7	9.3	12.7	14.9	14.9	12.9	9.9	6.7	3.5	1.7	1.3	قرينة الحرارة الشهرية (I)
2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	دالة القرينة الحرارية(a)
1.02	0.87	0.86	0.97	1.02	1.13	1.17	1.21	1.15	1.05	1.00	0.89	0.88	معامل التصحيح (C)
110.1	1.0	3.1	9.1	14.9	20.8	21.4	18.0	11.9	6.2	2.4	0.8	0.5	التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)
30	2.3	4.13	2.7	0	0	0	0	0.3	2	5.6	6	6	التساقط (مم)
-81.1	1.3	1.0	-6.4	-14.9	-20.8	-21.4	-18.0	-11.6	-4.2	3.2	5.2	5.5	التساقط-التبخر الكامن
	-94.9	-96.2	-97.2	-90.8	-76.0	-55.2	-33.8	-15.8	-4.2	-81.1	-84.3	-89.5	تراكم عجز الرطوبة

محطة الجفر													
السنة	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
18.12	9	14.1	20.8	25	27.01	26.8	25.2	22.2	18.14	13.1	9.4	6.7	معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)
89.5	2.4	4.8	8.7	11.4	12.9	12.7	11.6	9.6	7.0	4.3	2.6	1.6	قرينة الحرارة الشهرية (I)
2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	دالة القرينة الحرارية(a)
1	0.87	0.86	0.97	1.02	1.13	1.17	1.21	1.15	1.05	1.00	0.89	0.88	معامل التصحيح (C)
99.62	1.4	3.4	8.5	12.9	16.7	17.0	15.5	11.5	6.9	3.4	1.6	0.8	التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)
30.4	5	3	4.2	0.12	0	0	0	1	3.1	4.4	4	5.68	التساقط (مم)
-69.12	3.6	-0.4	-4.3	-12.8	-16.7	-17.0	-15.5	-10.5	-3.8	1.0	2.4	4.9	التساقط-التبخر الكامن
	-77.4	-81.0	-80.6	-76.3	-63.5	-46.8	-29.8	-14.3	-3.8	-69.1	-70.1	-72.5	تراكم عجز الرطوبة

محطة جبل البتراء

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	5.3	6.64	10.6	16.1	21	24.85	27.41	27.4	24.62	20	12.81	7.43	17.01
قرينة الحرارة الشهرية (I)	1.1	1.5	3.1	5.9	8.8	11.3	13.1	13.1	11.2	8.2	4.2	1.8	83.3
دالة القرينة الحرارية(a)	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	0.6	0.9	2.5	5.8	10.5	15.1	17.6	17.1	12.5	8.1	3.1	1.1	95.0
التساقط (مم)	14.3	14	13.2	4.6	1	0	0	0	0	6.41	5.5	10	70
التساقط-التبخر الكامن	13.7	13.1	10.7	-1.2	-9.5	-15.1	-17.6	-17.1	-12.5	-1.7	2.4	8.9	-26.0
تراكم عجز الرطوبة	-49.8	-36.7	-26.0	-1.2	-10.7	-25.8	-43.4	-60.5	-73.1	-74.7	-72.3	-63.5	

محطة العناب													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	7.81	9.6	13.3	18.5	22.6	25.6	27.2	27.5	25.4	21.1	14.3	9.11	18.5
قرينة الحرارة الشهرية (I)	2.0	2.7	4.4	7.2	9.8	11.9	13.0	13.2	11.7	8.8	4.9	2.5	92.1
دالة القرينة الحرارية(a)	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	1.0	1.6	3.4	7.1	11.8	16.0	17.6	17.4	13.3	8.6	3.4	1.4	102.5
التساقط (مم)	6.23	6.1	6	2	0.3	0	0	0	0	3	2.4	4.3	30.6
التساقط-التبخر الكامن	5.2	4.5	2.6	-5.1	-11.5	-16.0	-17.6	-17.4	-13.3	-5.6	-1.0	2.9	-72.2
تراكم عجز الرطوبة	-79.3	-74.8	-72.2	-5.1	-16.6	-32.6	-50.2	-67.6	-80.9	-86.5	-87.5	-84.6	

محطة البسطة													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	4.7	5.9	9.3	14.2	18.43	21.9	24.2	24.2	21.73	17.63	11.31	6.6	15
قرينة الحرارة الشهرية (I)	0.9	1.3	2.6	4.9	7.2	9.4	10.9	10.9	9.2	6.7	3.4	1.5	68.9
دالة القرينة الحرارية(a)	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	1.02
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	0.8	1.1	2.6	5.4	9.0	12.5	14.1	13.7	10.4	7.1	3.1	1.3	81.0
التساقط (مم)	32	28	27.1	9	0.41	0	0	0	0	1	9.03	24.14	132
التساقط-التبخر الكامن	31.2	26.9	24.5	3.6	-8.6	-12.5	-14.1	-13.7	-10.4	-6.1	6.0	22.8	49.7
تراكم عجز الرطوبة	-5.3	21.57	0.0	0.0	-8.6	-21.1	-35.2	-48.9	-59.3	-65.4	-59.4	-36.6	

محطة أذرح													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	4.4	5.5	8.7	13.3	17.2	20.5	22.6	22.54	20.3	16.5	10.6	6.12	14.02
قرينة الحرارة الشهرية (I)	0.8	1.2	2.3	4.4	6.5	8.5	9.8	9.8	8.3	6.1	3.1	1.4	62.2
دالة القرينة الحرارية(a)	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	0.8	1.2	2.6	5.2	8.4	11.5	12.9	12.4	9.6	6.7	3.1	1.4	75.8
التساقط (مم)	34.2	27	24	9	1.55	0	0	0	0	2.34	8.3	19.42	127
التساقط-التبخر الكامن	33.4	25.8	21.4	3.8	-6.9	-11.5	-12.9	-12.4	-9.6	-4.3	5.2	18.1	51.0
تراكم عجز الرطوبة	-0.9	0.0	0.0	0.0	-6.9	-18.4	-31.3	-43.7	-53.2	-57.6	-52.4	-34.3	(297.73)

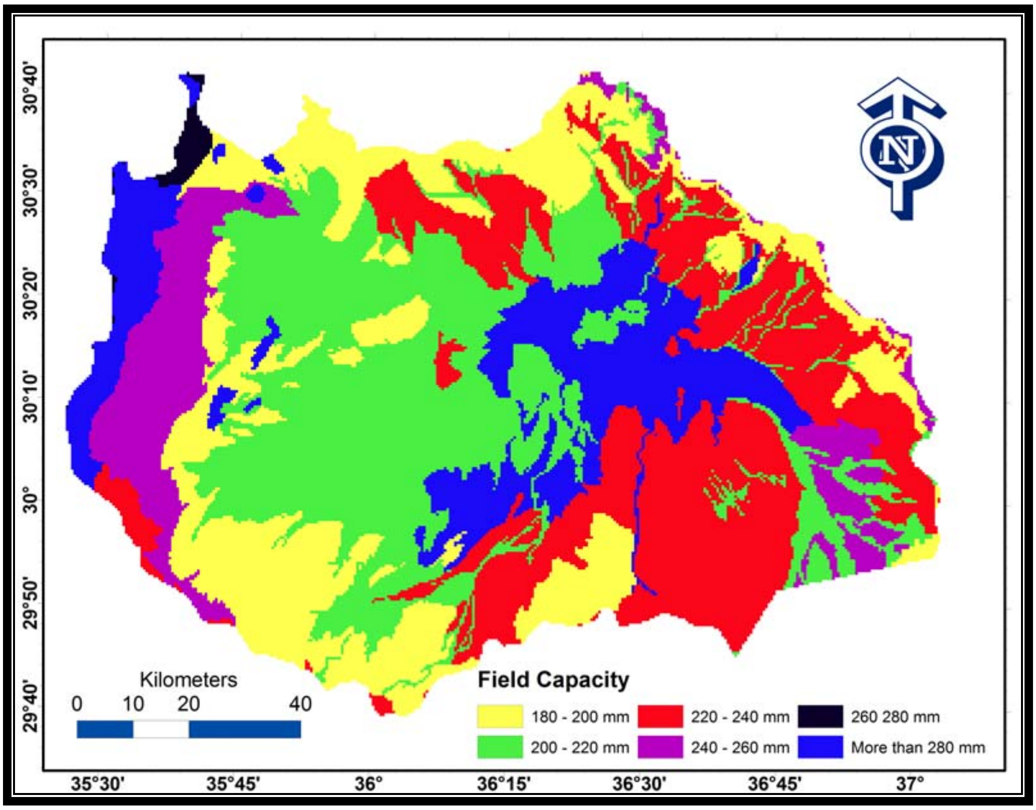
محطة أبو طرفة													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري T (م°)	7.7	9.2	12.62	17.8	22	25.03	26.7	27	25	20.5	14	9.3	18.1
قرينة الحرارة الشهرية (I)	1.9	2.5	4.1	6.8	9.4	11.5	12.6	12.8	11.4	8.5	4.8	2.6	88.9
دالة القرينة الحرارية(a)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
معامل التصحيح (C)	0.88	0.89	1.00	1.05	1.15	1.21	1.17	1.13	1.02	0.97	0.86	0.87	
التبخر الكامن(PET) (ملم شهر -1)	1.1	1.5	3.2	6.7	11.3	15.3	16.8	16.7	12.9	8.3	3.4	1.5	98.7
التساقط (مم)	5.3	5.2	5	2	0.3	0	0	0	0	2.4	2	3.6	27
التساقط-التبخر الكامن	4.2	3.7	1.8	-4.7	-11.0	-15.3	-16.8	-16.7	-12.9	-5.9	-1.4	2.1	-72.9
تراكم عجز الرطوبة	-78.4	-74.7	-72.9	-4.7	-15.7	-31.0	-47.8	-64.5	-77.4	-83.3	-84.7	-82.6	

5:4تقدير رطوبة التربة :

تعتبرعملية تقدير المخزون الحقيقي للرطوبة في التربة (SM) (The Actual Storage of Soil Moisture) خطوه هامة من أجل تقدير الفائض أو العجز المائي وبالتالي تقدير الجريان السطحي ،حيث يتم احتسابها لكل شهر من خلال المعادلة التالية:

- $SM = AWC\chi\, e^{(APWL\ /AWC\ )}$

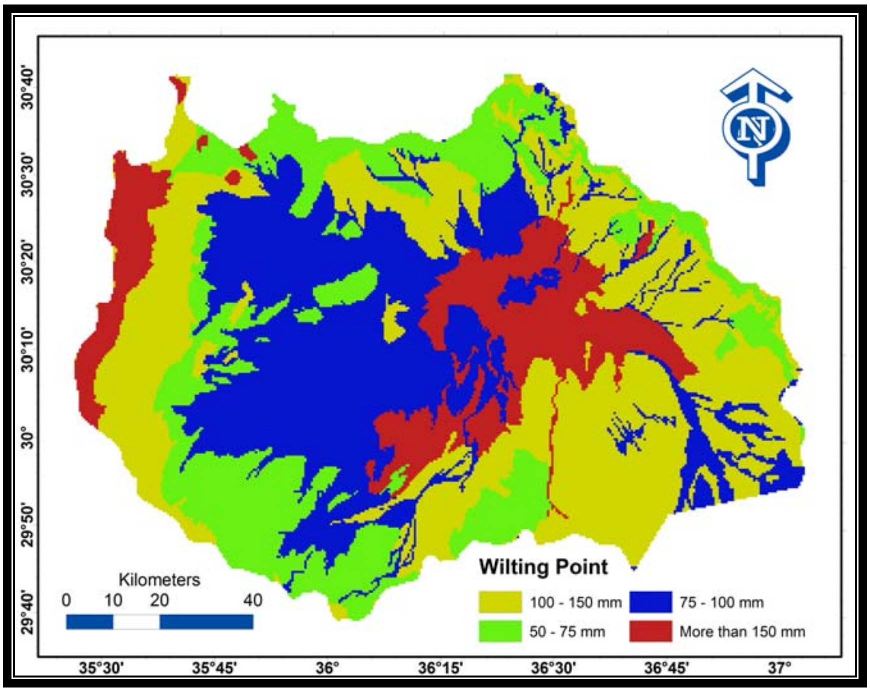
حيث قام الباحث بحساب السعة الحقلية أو السعة المائية المتاحة في التربة باستخدام خصائص التربة في منطقة الدراسة والمتمثلة بنسيج التربة أي نسبة كل من الرمل والطين والغرين في كل وحدة تربة، (Coarse Fragements) ، نسبة المواد العضوية في التربة (Soil Organic Carbon) ، حيث اعتمد الباحث على نموذج (One Dimensional Soil Water Dynamics Model) (SWDM-1D) ، ومن ثم قام الباحث بحساب ما يسمى (Bulk Density) باستخدام هذا النموذج كخطوة أولية بالاعتماد على نسبة كلا من الرمل والطين ونسبة (Soil Organic Carbon) كمدخلات لحساب (Bulk Density)، ومن ثم قام الباحث بالاعتماد على نموذج (SWDM-ID) في حساب السعة الحقلية (Field Capacity(FC)) والذي اعتمد على نسبة الرمل ونسبة الطين (Bulk Density) و(Coarse Fragements) و (Soil Organic Carbon) كمدخلات لحساب (FC)، الشكل (51) .



الشكل (51) السعة الحقلية في حوض الجفر

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (TM,1955,1957)

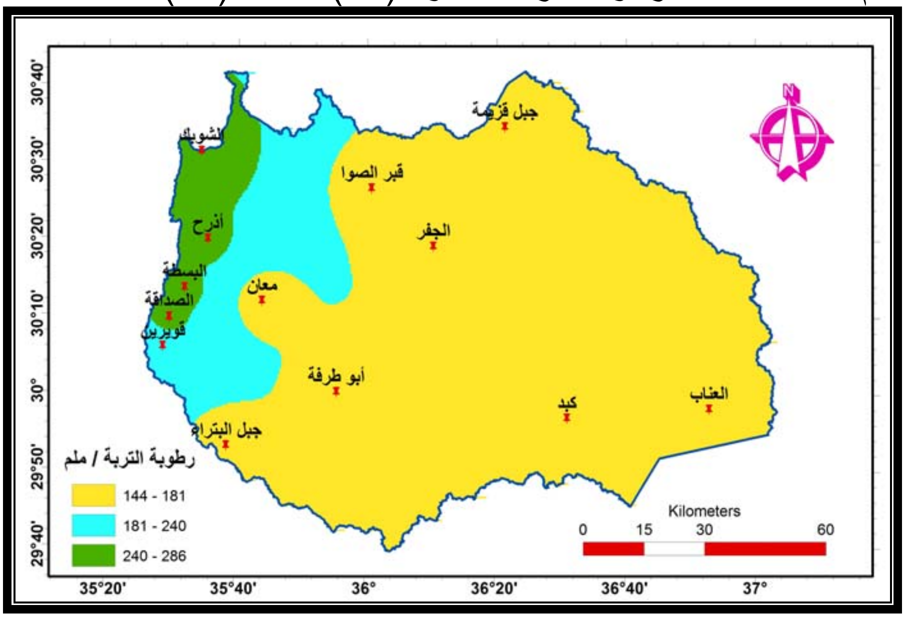
كذلك قام الباحث بحساب نقطة الذبول (Wilthing Point) بالاعتماد على نسبة الرمل والسعة الحقلية،كثافة الكتلة،(Coarse Fragements) و(Soil Organic Carbon) كمدخلات، وهذا يتوافق مع النموذج الذي اقترح من قبل (TM, 1955,1957)، الشكل (52) .



الشكل (52) نقطة الذبول في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (TM,1955,1957)

و بعد ذلك قام الباحث بحساب رطوبة التربة ،الجدول (21) ،الشكل (53) .



الشكل (53) رطوبة التربة في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (TM,1955,1957)

ولاستخراج بقية عناصر الموازنة المائية قام الباحث بحساب التغير في رطوبة التربة من خلال المعادلة التالية:

$$\Delta \text{ SM_Month} = \text{SM_Month} - \text{SM_Previous Month}$$

حيث تدل القيم السالبة على كمية الرطوبة التي تفقد من خلال التبخر، أما القيم الموجبة فتدل على ما يتم إضافته إلى التربة من رطوبة ، الجدول (21) .

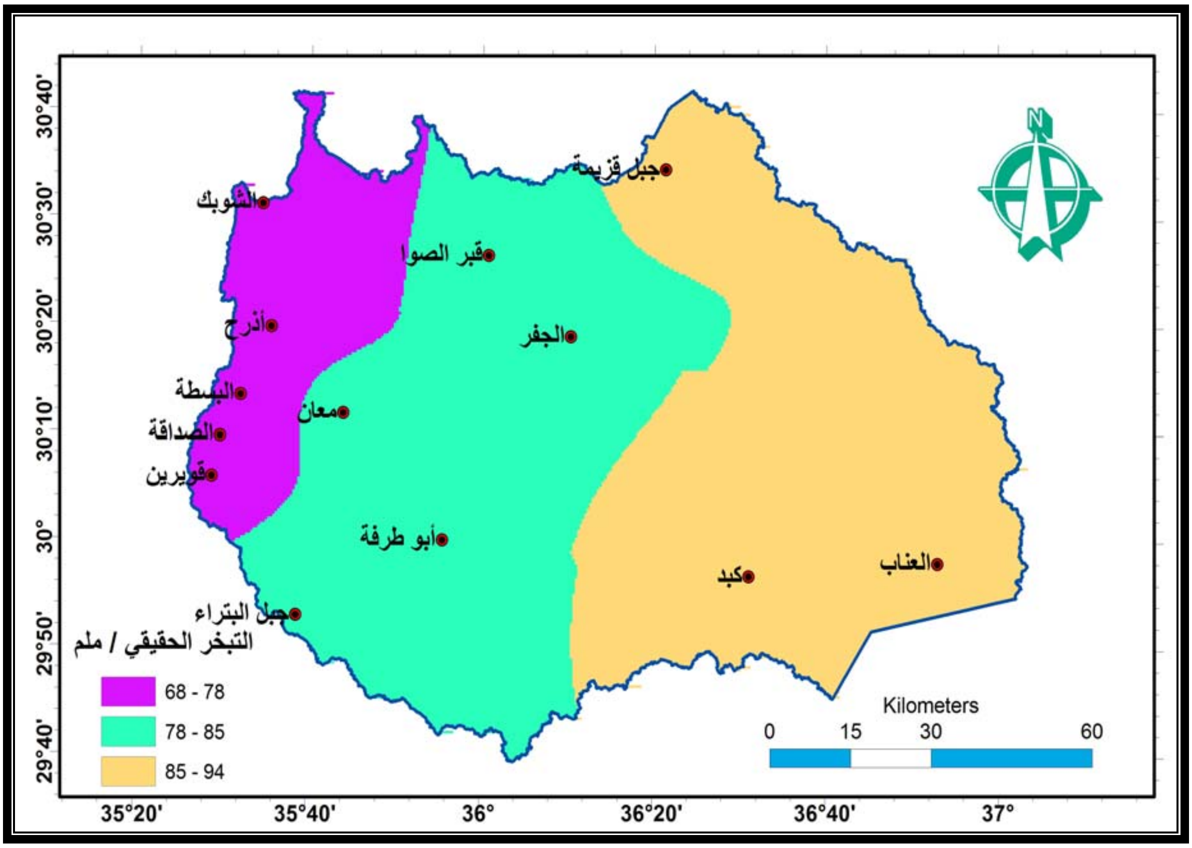
6:4 تقدير التبخر الحقيقي :

بعد ذلك قام الباحث بتقدير التبخر الحقيقي ، (The Actual Evaportranspiration) (AET)، الجدول (21) ، على النحو الآتي:

$$- \text{ AET} = \Delta \text{ SM} + \text{P} \ (\Delta \text{ SM} < 0)$$

$$- \text{ AET} = \text{PET} \ (\Delta \text{ SM} > 0)$$

ويمثل الشكل (54) التبخر الحقيقي في حوض الجفر .



الشكل (54) التبخر الحقيقي في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (TM,1955,1957)

الجدول رقم (21) يتبع عناصر الموازنة المائية في حوض الجفر

محطة الشوبك													
الشهور	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين ثاني	كانون أول	السنة
رطوبة التربة(ملم)	303	303	303	303	297	286.8	275.9	265.7	258.1	256.7	270.7	303	285.5
تغيررطوبة التربة(ملم)	0.0	0.0	0	0	-5.997	-10.24	-10.89	-10.17	-7.638	-1.343	13.94	32.3427	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	5	7	10	11	10	8	5	3	1	66
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.9	1.0	1.1	0.0	0.0	3.6
الفائض المائي(ملم)	65	57	41	12	0	0	0	0	0	0	0	19	193
الجريان المائي(ملم)	42	49	45	28	14	5	0	0	0	0	0	9	188
محطة الصداقة													
رطوبة التربة(ملم)	267.3	275	275	275	267	255.7	244.2	233.4	225.1	221	223.5	242.817	250.4
تغيررطوبة التربة(ملم)	24.4	7.7	0	0	-8.049	-11.28	-11.48	-10.8	-8.287	-4.143	2.591	19.2735	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	6	9	11	11	11	8	6	3	2	74
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.3	0.9	1.4	1.4	0.9	0.0	0.0	4.8
الفائض المائي(ملم)	0	16	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	39
الجريان المائي(ملم)	0	8	14	8	4	2	0	0	0	0	0	0	35
محطة قويرين													
رطوبة التربة(ملم)	235	252	252	252	243	230.4	216.9	204.6	195.7	191.6	194	213.322	223.4
تغيررطوبة التربة(ملم)	21.7	17.0	0	0	-9.007	-12.57	-13.5	-12.34	-8.833	-4.149	2.442	19.2815	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	5	9	13	13	12	9	6	3	1	77
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.4	2.1	2.1	1.0	0.0	0.0	7.1
الفائض المائي(ملم)	0	7	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	28
الجريان المائي(ملم)	0	4	11	7	4	2	0	0	0	0	0	0	25

الشهور	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين ثاني	كانون أول	السنة
محطة قبر الصوا													
رطوبة التربة(ملم)	149.9	153.1	154.8	204.6	194.8	182.1	169.1	157.3	148.7	145.3	144.6	146.361	162.6
تغيررطوبة التربة(ملم)	3.5	3.246	1.683	49.76	-9.797	-12.73	-12.92	-11.82	-8.627	-3.34	-0.759	1.77254	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	6	10	13	13	12	9	6	3	2	80
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	2.1	3.0	2.9	1.3	0.3	0.0	11.0
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
محطة معان													
رطوبة التربة(ملم)	139.3	144.1	146.3	190.5	181.1	167.9	154.5	142.4	133.9	131.5	130.9	134.01	149.7
تغيررطوبة التربة(ملم)	5.3	4.8	2.3	44.1	-9.4	-13.2	-13.3	-12.1	-8.5	-2.4	-0.6	3.1	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	6	10	13	13	12	9	7	3	2	82
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	2.4	3.4	3.2	1.0	0.3	0.0	11.6
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
محطة كزيمة													
رطوبة التربة(ملم)	131.2	135.9	139.2	189.8	178.8	164.1	149.4	136.1	126.8	123.6	123.4	126.233	143.7
تغيررطوبة التربة(ملم)	5.0	4.7	3.264	50.6	-11	-14.61	-14.76	-13.25	-9.367	-3.174	-0.16	2.79632	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	15	15	13	9	7	3	1	88
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	3.1	4.4	4.2	1.6	0.1	0.0	15.3
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

محطة كبد													
الشهور	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين ثاني	كانون أول	السنة
رطوبة التربة(ملم)	163.9	167.6	169.9	235.7	224.4	207.8	189.7	173.7	163	158.6	159.27	160.155	181.1
تغيررطوبة التربة(ملم)	3.8	3.7	2.3	65.9	-11.3	-16.6	-18.1	-16.1	-10.7	-4.4	0.7	0.9	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	2	6	12	17	18	16	11	7	3	1	94
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	3.3	4.7	4.2	2.0	0.0	0.0	15.9
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
محطة الجفر													
رطوبة التربة(ملم)	146.6	148.3	149	205.1	194.9	180.6	166.2	153.2	143.9	140.9	140.6	143.116	159.4
تغيررطوبة التربة(ملم)	3.5	1.7	0.706	56.09	-10.25	-14.24	-14.4	-13.07	-9.264	-2.978	-0.305	2.49378	0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	14	14	13	9	7	4	1	87.5
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	2.6	3.7	3.5	1.3	-0.6	0.0	12
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
محطة جبل البتراء													
رطوبة التربة(ملم)	149.3	159.9	169.2	192.8	183.4	169.3	154.3	141	132	130.8	132.5	138.856	154.4
تغيررطوبة التربة(ملم)	10.4	10.6	9.269	23.64	-9.44	-14.06	-15	-13.28	-9.021	-1.159	1.664	6.34787	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	6	11	14	15	13	9	8	3	1	84
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	1.1	2.6	3.8	3.5	0.5	0.0	0.0	11.4
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

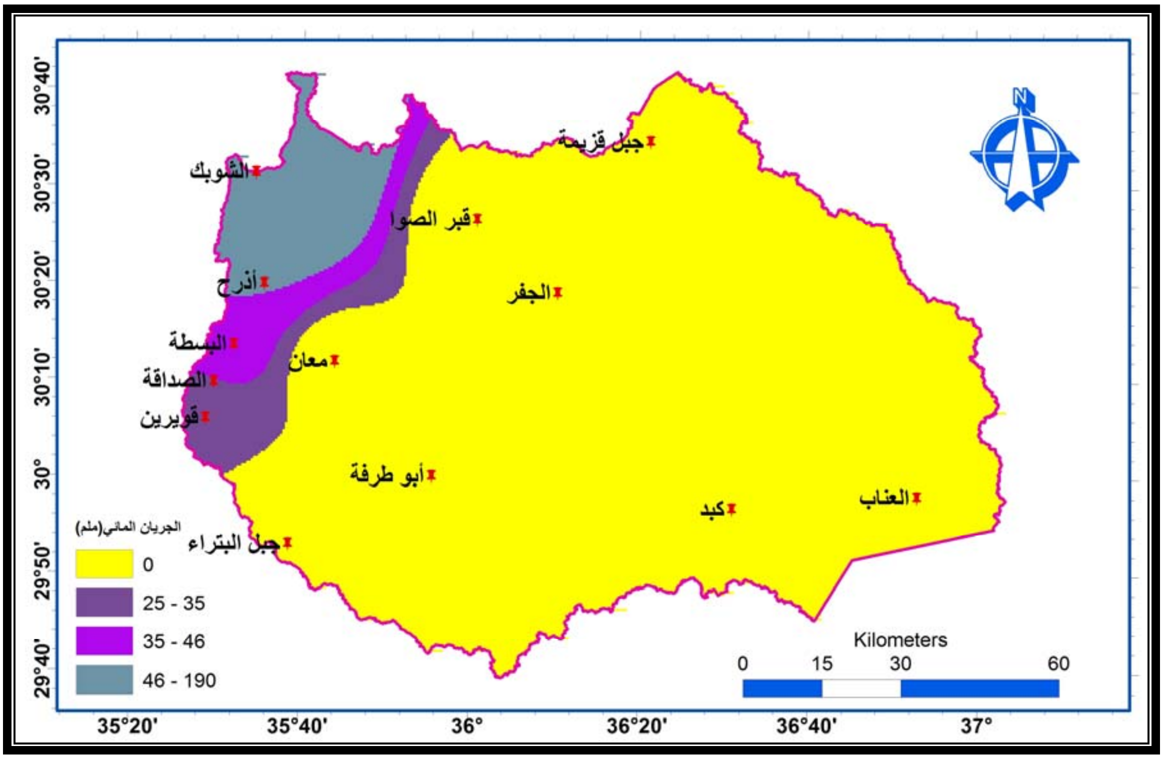
الشهور	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين ثاني	كانون أول	السنة
محطة العناب													
رطوبة التربة(ملم)	141.8	144.9	146.8	203.9	192.7	178.2	163.5	150.2	140.7	136.9	136.2	138.181	156.2
تغيررطوبة التربة(ملم)	3.6	3.2	1.85	57.08	-11.17	-14.52	-14.66	-13.36	-9.451	-3.822	-0.686	1.97317	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	15	15	13	9	7	3	1	88
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	2.9	4.1	3.9	1.6	0.3	0.0	14.7
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
محطة البسطة													
رطوبة التربة(ملم)	269.6	275	275	275	266.3	254.3	241.3	229.3	220.6	215.7	220.5	240.056	248.6
تغيررطوبة التربة(ملم)	29.6	5.4	0	0	-8.651	-12.05	-13.03	-12.01	-8.674	-4.914	4.836	19.5451	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	5	9	12	13	12	9	6	3	1	75
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.4	1.1	1.8	1.7	1.1	0.0	0.0	6.0
الفائض المائي(ملم)	0	21	25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	49
الجريان المائي(ملم)	0	11	18	11	5	3	0	0	0	0	0	0	44
محطة أذرح													
رطوبة التربة(ملم)	274	275	275	275	268	256.8	244.8	233.8	225.6	222	226.4	242.079	251.5
تغيررطوبة التربة(ملم)	32.0	1.0	0	0	-6.962	-11.22	-11.99	-11.06	-8.16	-3.613	4.364	15.7214	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	5	9	11	12	11	8	6	3	1	71
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	1.4	1.4	0.7	0.0	0.0	4.7
الفائض المائي(ملم)	0	26	21	4	0	0	0	0	0	0	0	0	51
الجريان المائي(ملم)	0	13	17	10	5	3	0	0	0	0	0	0	48

محطة أبو طرفة													
الشهور	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين ثاني	كانون أول	السنة
رطوبة التربة(ملم)	142.4	145	146.3	204.3	193.6	179.6	165.4	152.4	143.1	139.1	138.1	139.515	157.4
تغيررطوبة التربة(ملم)	2.9	2.6	1.275	57.96	-10.69	-13.96	-14.2	-12.98	-9.305	-4.04	-0.962	1.4109	0.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	14	14	13	9	6	3	2	85
العجز المائي(ملم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	2.6	3.7	3.6	1.8	0.5	0.0	13.8
الفائض المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
الجريان المائي(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7:4 تقدير الفائض والعجز المائي :

للوقوف على الوضع المائي في حوض الجفرقام الباحث بحساب العجز المائي (The Water Deficit) ، حيث تم حساب العجز المائي للأشهر التي كان الفرق بين التبخر الكامن (ملم) ومجموع الأمطار الشهري (ملم) سالبة (P-PET<0) ، كذلك حساب الفائض المائي (The Water Surplus) ، حيث يتم حسابها للأشهر التي تتساوى فيها قيم رطوبة التربة مع السعة الحقلية المتاحة ، أما الشهور التي لا تتساوى فيها رطوبة التربة مع السعة الحقلية فإنها تعاني من عجز مائي ، ومن ثم تم تقدير الجريان المائي (Water Runoff).

وبالتالي تعتبر عملية تقدير الفائض ، العجز المائي والجريان السطحي ، الجدول (21) خطوة هامة لتحديد احتمالية الحصاد المائي وبالتالي التعرف على أنسب المواقع لتنفيذ مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر من خلال الوقوف على الوضع المائي في الحوض ، وتحديد المناطق التي تشهد جريانا سطحيا ، الشكل (55) . كما يظهر الجدول (22) ملخصا لنتائج تطبيق معادلة ثورنثويت والمتمثلة بالتبخر الحقيقي، التبخر الكامن، الأمطار والجريان المائي في حوض الجفر .



الشكل (55) الجريان المائي في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (TM,1955,1957)

الجدول رقم (22) ملخص التبخر الحقيقي ،التبخر الكامن، معدلات الأمطار والجريان المائي في حوض الجفر

محطة الشوبك													
المجموع	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
69	**1**	**3**	**6**	**9**	**11**	**11**	**10**	**8**	**5**	**3**	**1**	**1**	**التبخر الكامن(ملم)**
65	**1**	**3**	**5**	**8**	**10**	**11**	**10**	**7**	**5**	**3**	**1**	**1**	**التبخر الحقيقي(ملم)**
259.2	**49.2**	**18.7**	**4.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**1.9**	**16.7**	**44.0**	**58.2**	**65.8**	**التساقط (ملم)**
188	**9**	**0**	**0**	**0**				**14**	**28**	**45**	**49**	**42**	**الجريان(ملم)**
محطة الصداقة													
المجموع	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
78.8	**2**	**3**	**7**	**10**	**12**	**12**	**12**	**9**	**6**	**3**	**2**	**1**	**التبخر الكامن(ملم)**
74	**2**	**3**	**6**	**8**	**11**	**11**	**11**	**9**	**6**	**3**	**2**	**1**	**التبخر الحقيقي(ملم)**
120	**24.0**	**6.4**	**1.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**1.0**	**8.2**	**23.8**	**25.8**	**27.1**	**التساقط (ملم)**
35	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4**	**8**	**14**	**8**	**0**	**الجريان(ملم)**
محطة القويرين													
المجموع	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
84.0	**1**	**3**	**7**	**11**	**14**	**15**	**13**	**9**	**5**	**3**	**1**	**1**	**التبخر الكامن(ملم)**
77	**1**	**3**	**6**	**9**	**12**	**13**	**13**	**9**	**5**	**3**	**1**	**1**	**التبخر الحقيقي(ملم)**
113	**24.6**	**6.2**	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.3**	**9.2**	**20.0**	**25.4**	**24.6**	**التساقط (ملم)**
25	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4**	**7**	**11**	**4**	**0**	**الجريان(ملم)**

محطة قبر الصوا													
المجموع	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
90.5	2	3	8	12	15	15	14	10	6	3	2	1	التبخر الكامن(ملم)
80	2	3	6	9	12	13	13	10	6	3	2	1	التبخر الحقيقي(ملم)
29	4.1	2.3	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	5.5	6.0	6.0	التساقط (ملم)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	الجريان(ملم)
محطة معان													
المجموع	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
93.5	2	3	8	12	15	16	14	11	6	3	2	1	التبخر الكامن(ملم)
82	2	3	7	9	12	13	13	10	6	3	2	1	التبخر الحقيقي(ملم)
42	6.0	2.5	4.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.1	3.0	6.2	8.0	8.4	التساقط (ملم)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	الجريان(ملم)
محطة كزيمة													
المجموع	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
103.2	1	3	9	14	18	18	16	12	7	3	2	1	التبخر الكامن(ملم)
88	1	3	7	9	13	15	15	11	7	3	2	1	التبخر الحقيقي(ملم)
41	5.8	3.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.7	7.7	8.1	8.4	التساقط (ملم)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	الجريان(ملم)

محطة كبد

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	1	2	6	12	18	21	21	15	9	3	1	110.1
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	2	6	12	17	18	16	11	7	3	1	94
التساقط (ملم)	6.0	6.0	5.6	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	4.1	2.3	30
الجريان(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

محطة الجفر

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	2	3	7	11	16	17	17	13	8	3	1	100
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	14	14	13	9	7	4	1	87
التساقط (ملم)	5.7	4.0	4.4	3.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.2	3.0	5.0	30
الجريان(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

محطة جبل البتراء

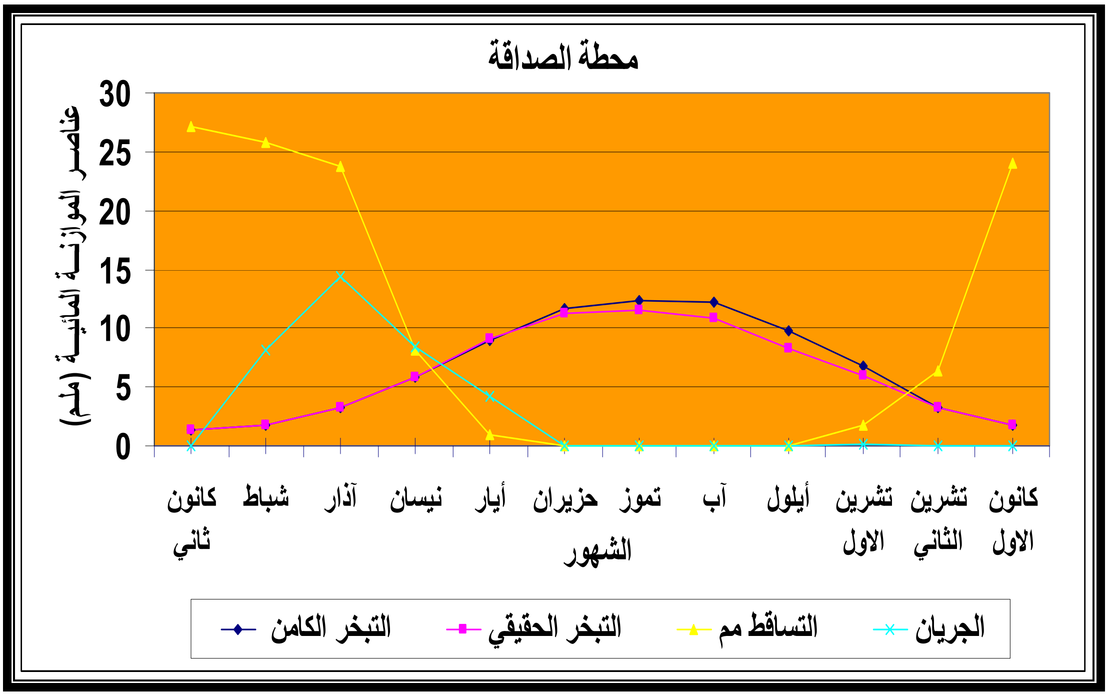
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	1	3	6	11	15	18	17	13	8	3	1	95.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	6	11	14	15	13	9	8	3	1	84
التساقط (ملم)	14.3	14.0	13.2	4.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	5.5	10.0	70
الجريان(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

محطة العناب													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	2	3	7	12	16	18	17	13	9	3	1	102.5
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	15	15	13	9	7	3	1	88
التساقط (ملم)	6.2	6.1	6.0	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.4	4.3	31
الجريان(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
محطة البسطة													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	1	3	5	9	12	14	14	10	7	3	1	81.0
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	5	9	12	13	12	9	6	3	1	75
التساقط (ملم)	32.0	28.0	27.1	9.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	9.0	24.1	132
الجريان(ملم)	0	11	18	11	5	0	0	0	0	0	0	0	44
محطة أذرح													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	1	3	5	8	11	13	12	10	7	3	1	75.8
التبخر الحقيقي(ملم)	1	1	3	5	9	11	12	11	8	6	3	1	71
التساقط (ملم)	34.2	27.0	24.0	9.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	8.3	19.4	127
الجريان(ملم)	0	13	17	10	5	3	1	1	0	0	0	0	51

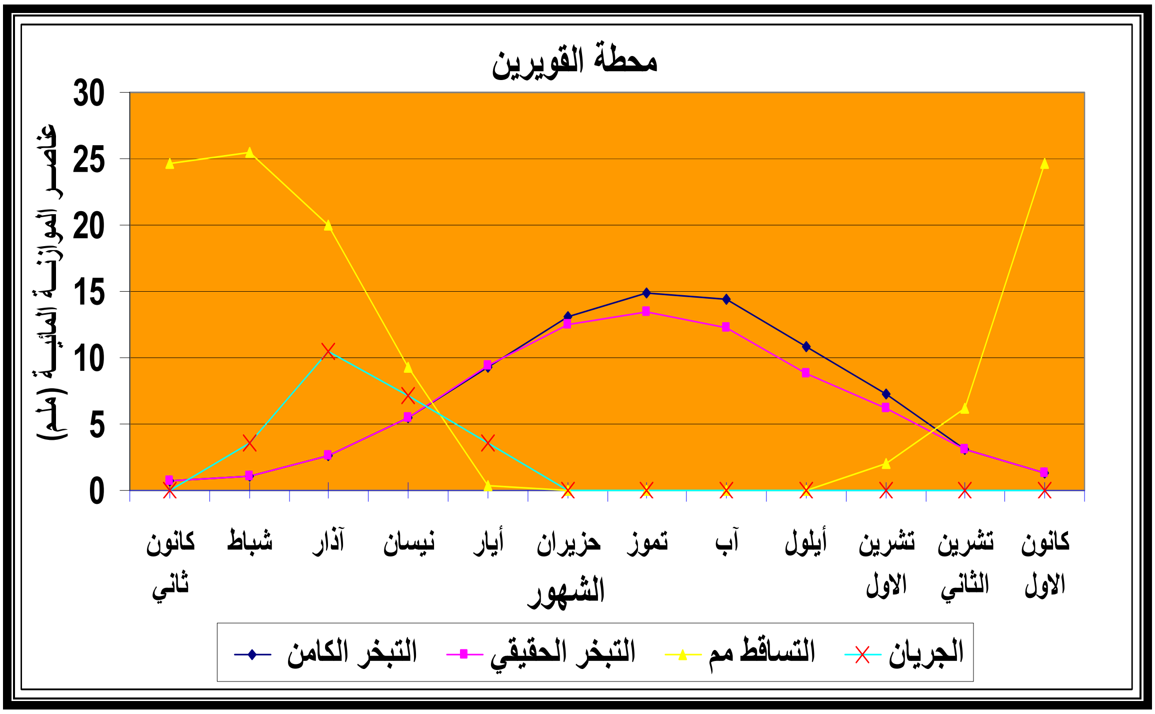
محطة أبو طرفة													
الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع
التبخر الكامن(ملم)	1	2	3	7	11	15	17	17	13	8	3	2	98.7
التبخر الحقيقي(ملم)	1	2	3	7	11	14	14	13	9	6	3	2	85
التساقط (ملم)	5.3	5.2	5.0	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.0	3.6	27
الجريان(ملم)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8:4 نتائج الموازنة المائية في حوض الجفر:

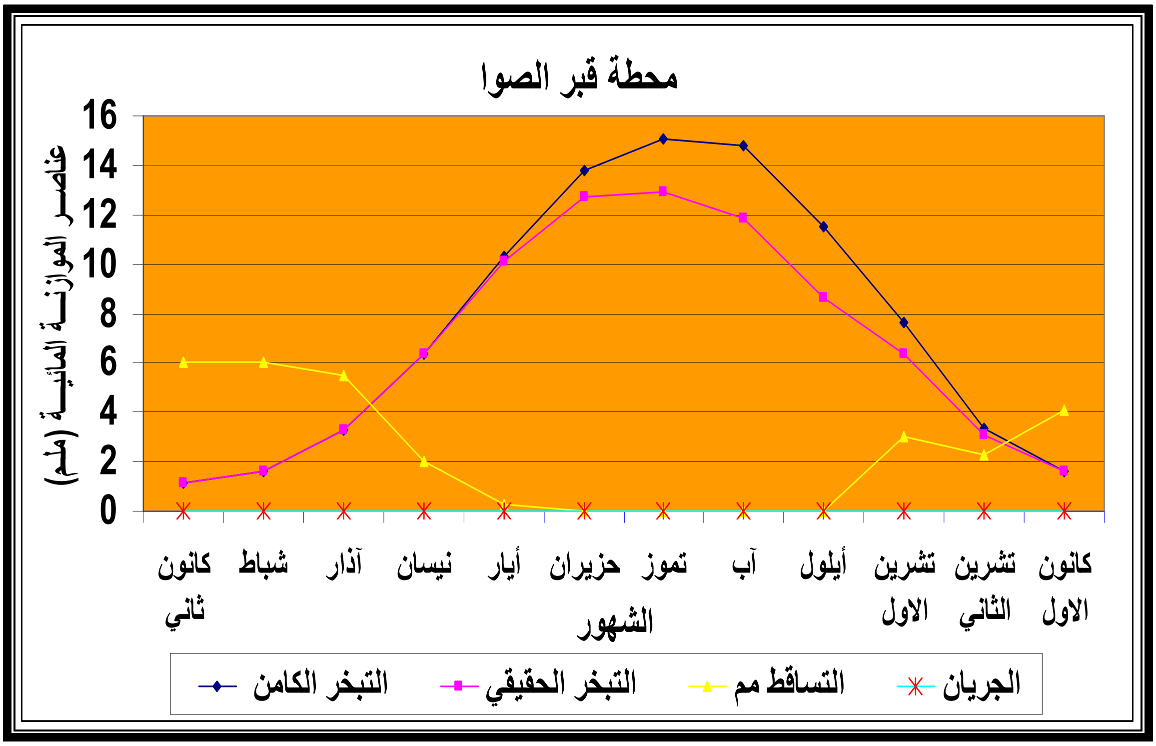
يمكن التعبير عن نتائج تطبيق نموذج (TM) في حساب الموازنة المائية بطريقة أكثر فائدة من خلال تحديد المعدلات الشهرية لفترة زمنية طويلة ، وهذا يمكننا من الوقوف على رطوبة التربة خلال السنة وبالتالي معرفة فترات العجز المائي ، فترات اعادة تزويد التربة بالماء ، فترات الاستفادة من رطوبة التربة ، فترات الفائض المائي والجريان المائي في حوض الجفر، الأشكال (56-68) ، حيث نلاحظ من نتائج الموازنة المائية للمحطات التي تمثل حوض الجفر أن بعض المحطات و بالتحديد المحطات التي تقع في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية يحدث فيها جريانا مائيا خلال أشهر الشتاء (تشرين أول – نيسان) مع تركز الجريان السطحي خلال الأشهر (كانون أول- آذار) في هذه المحطات ، أما بقية أشهر السنة فهي أشهر الجفاف حيث ترتفع خلالها معدلات التبخر ويزداد فاقد التربة من الرطوبة من خلال التبخر في انتظار الموسم اللاحق لعله يعوض ما فقدتة التربة من رطوبة والتي تشمل محطات (الشوبك ، القويرين ، البسطة ، أذرح والصداقة) حيث تشهد هذه المحطات أعلى معدلات للجريان السطحي . أما باقي المحطات في منطقة الدراسة فلم تشهد أي جريانا سطحيا يذكر وتمتاز بارتفاع معدلات التبخرخلال أشهر السنه جميعها وخاصة خلال أشهر الصيف الأمر الذي يزيد المعاناة في هذه المناطق التي تشهد جفافا مستمرا ، باستثناء بعض العواصف المطرية التي تحدث جريانا سطحيا و التي لا تتكررالا خلال سنوات طويلة ، الأشكال (56-68) .



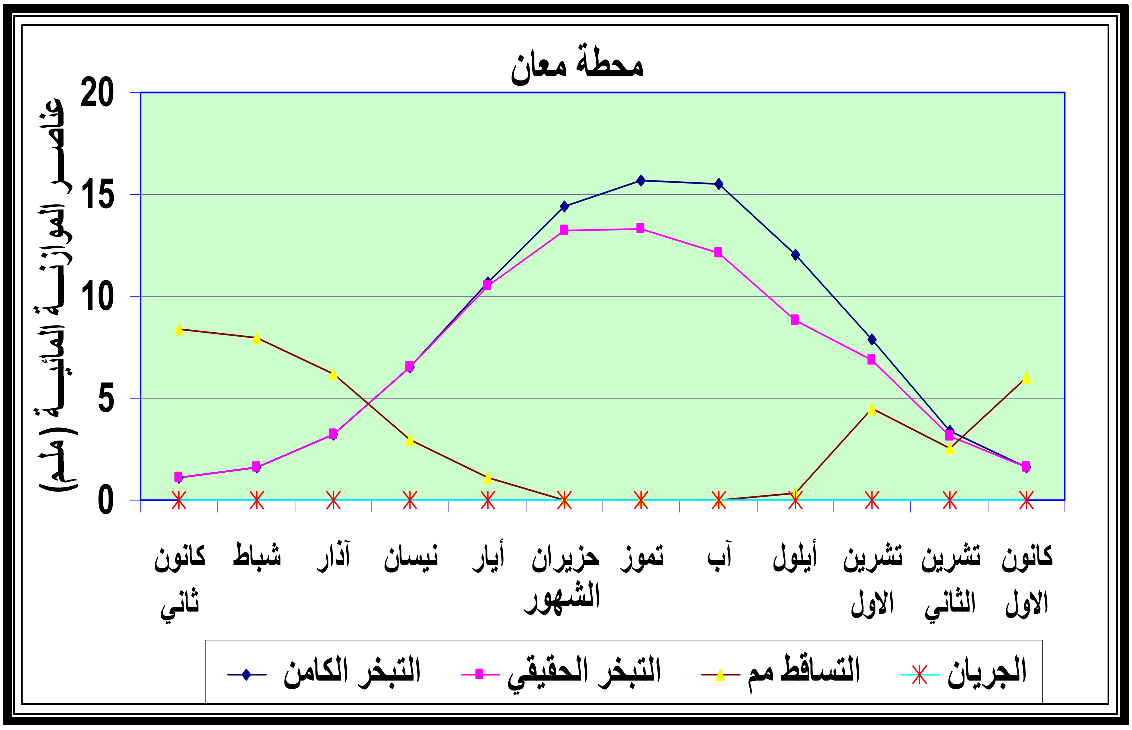
الشكل (56) نتائج الموازنة المائية في محطة الصداقة



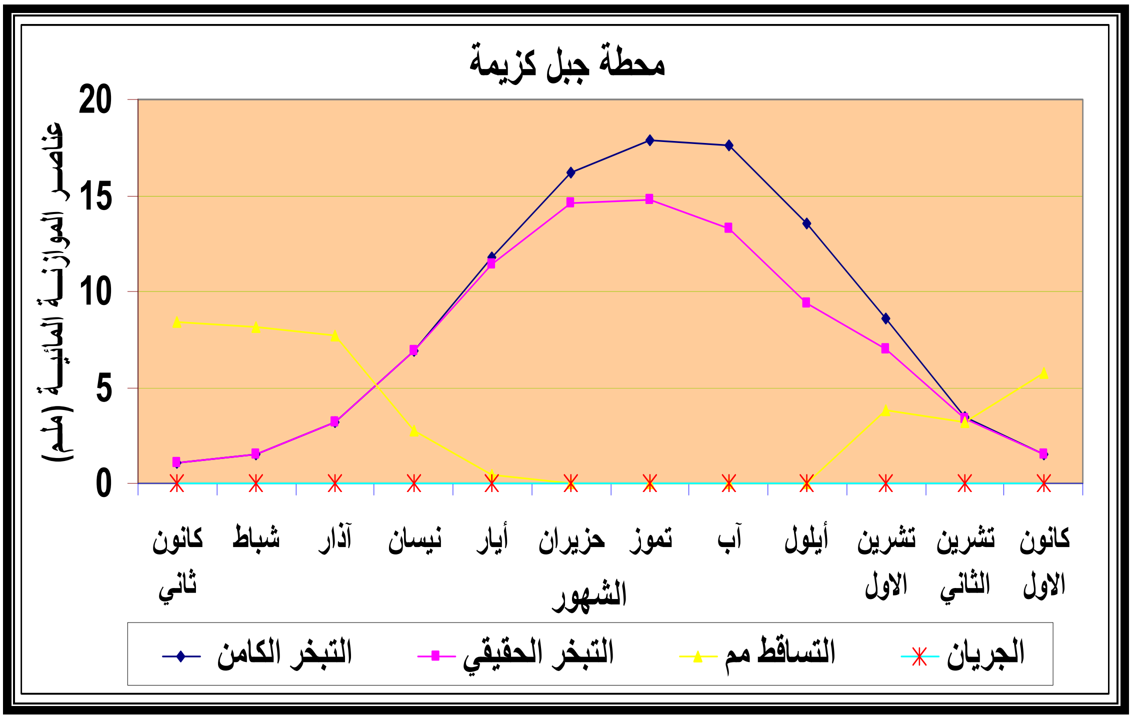
الشكل (57) نتائج الموازنة المائية في محطة القويرين



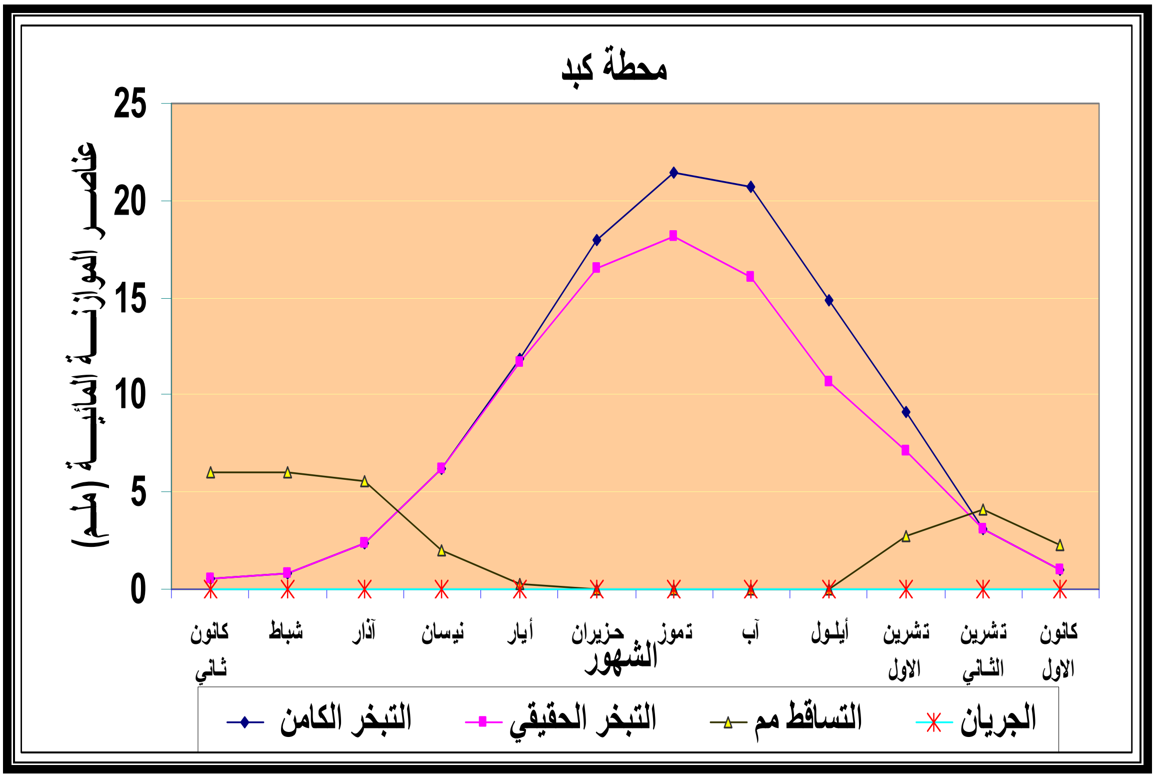
الشكل (58) نتائج الموازنة المائية في محطة قبر الصوا



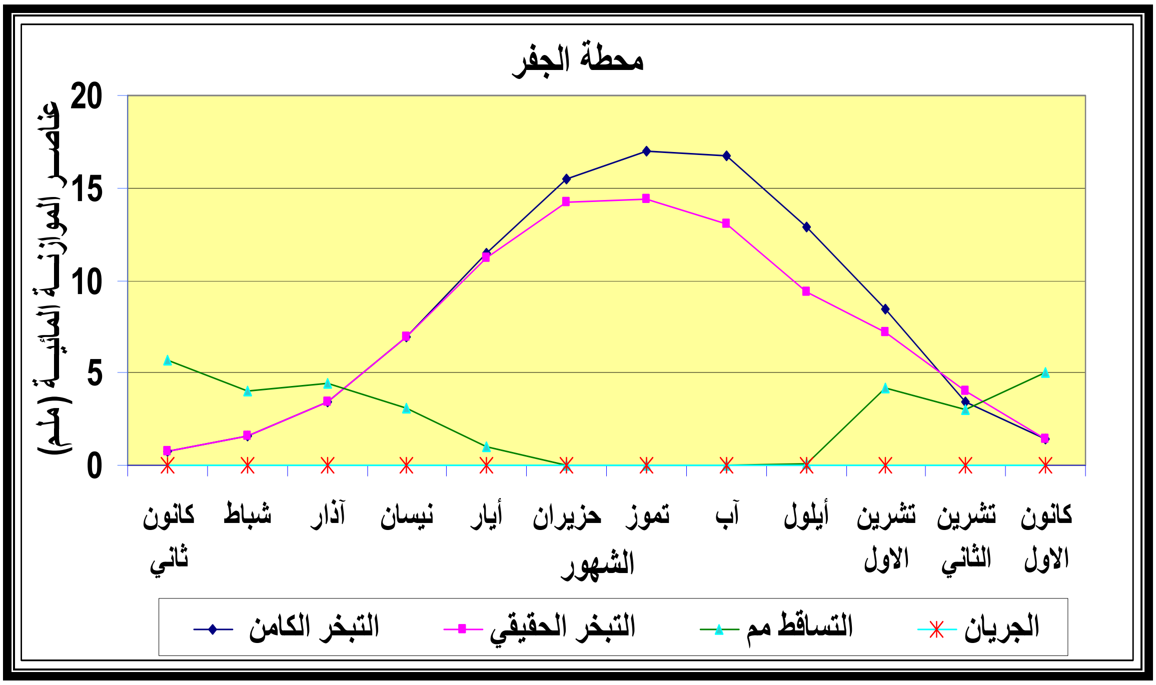
الشكل (59) نتائج الموازنة المائية في محطة معان



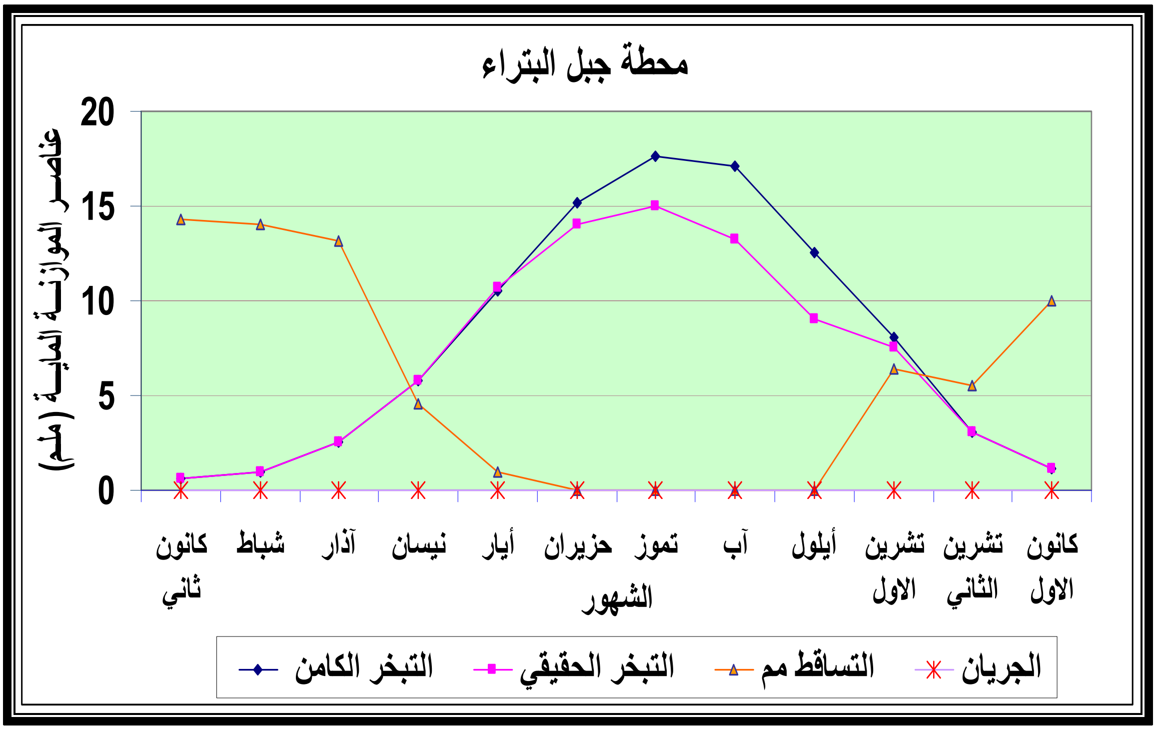
الشكل (60) نتائج الموازنة المائية في محطة جبل كزيمة



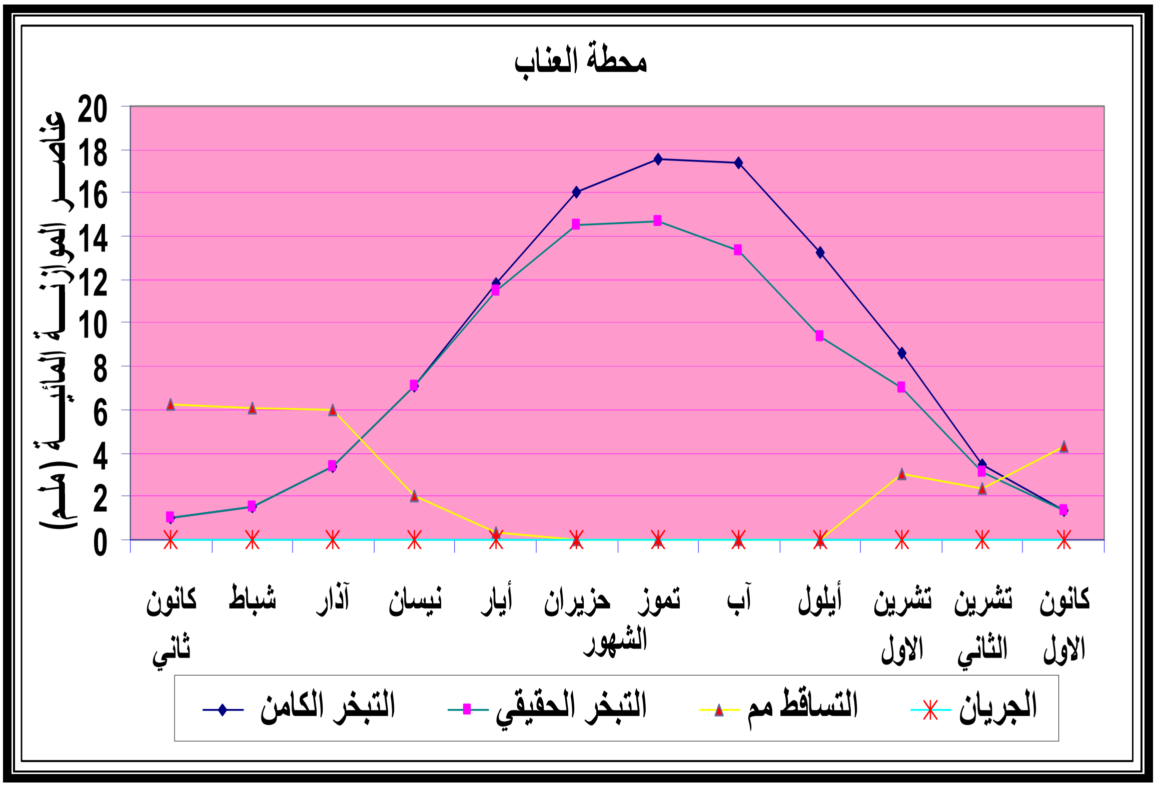
الشكل (61) نتائج الموازنة المائية في محطة كبد



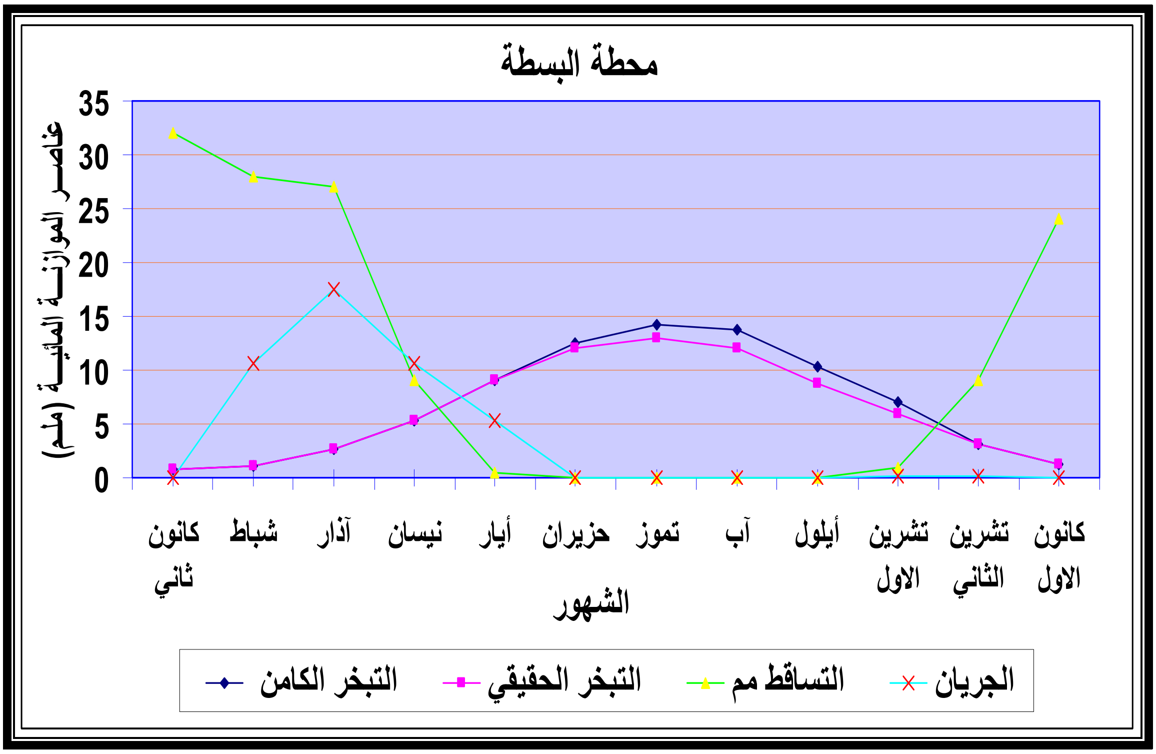
الشكل (62) نتائج الموازنة المائية في محطة الجفر



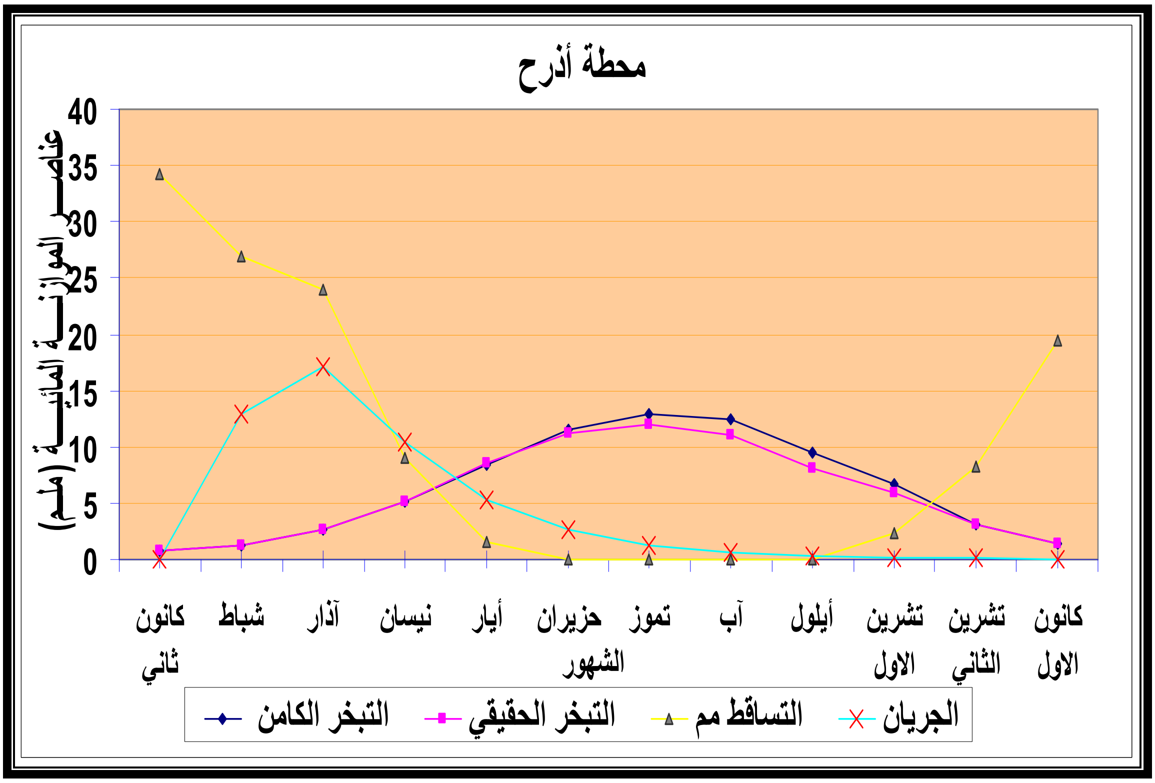
الشكل (63) نتائج الموازنة المائية في محطة جبل البتراء



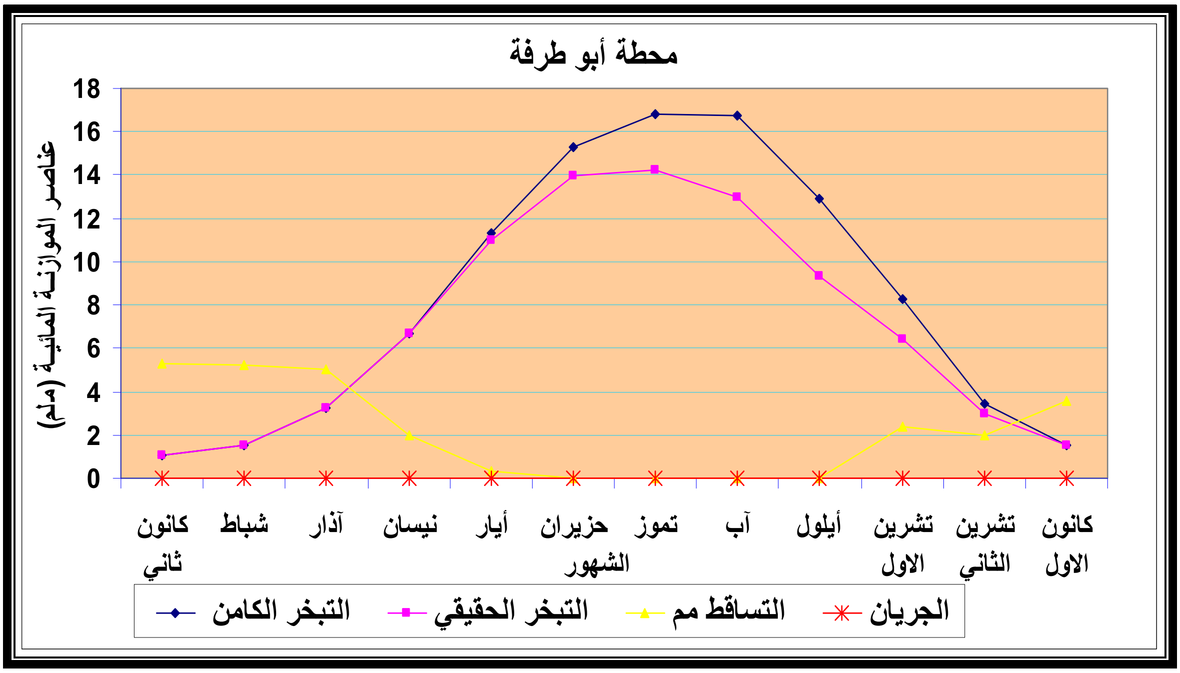
الشكل (64) نتائج الموازنة المائية في محطة العناب



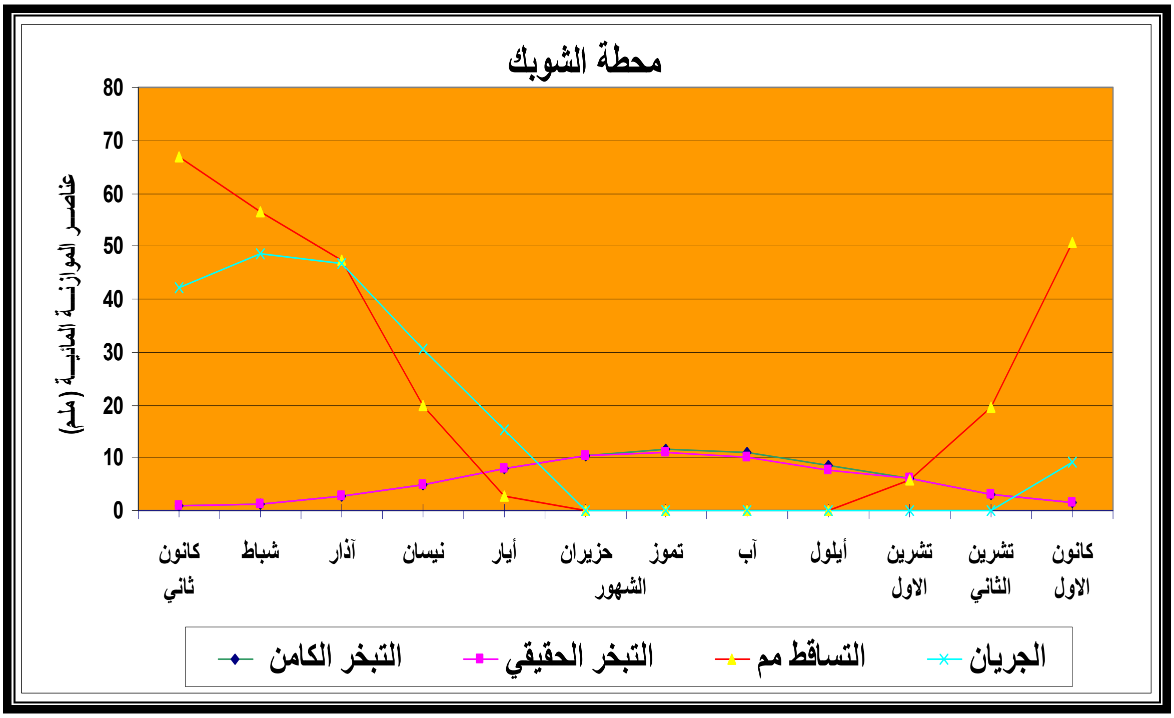
الشكل (65) نتائج الموازنة المائية في محطة البسطة



الشكل (66) نتائج الموازنة المائية في محطة أذرح



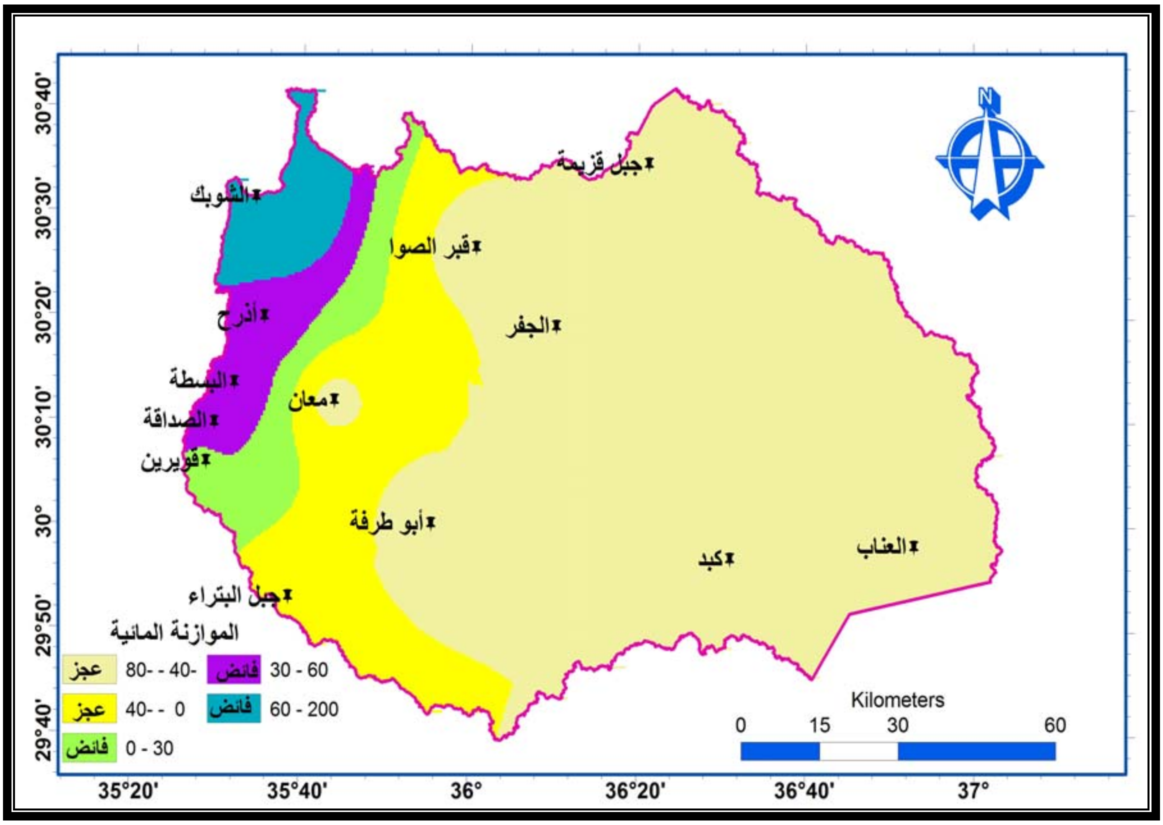
الشكل (67) نتائج الموازنة المائية في محطة أبو طرفة



الشكل (68) نتائج الموازنة المائية في محطة الشوبك

أخيرا وبما يتوافق مع تحقيق أهداف الدراسة و تحقيقا للتكامل ما بين (GIS) والنمذجة الهيدرولوجية لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر المائي يمكن اعتبار نتائج الموازنة المائية معيارا هاما لمعرفة مدى ملائمة منطقة الدراسة لاقامة مشاريع الحصاد المائي ، ذلك أن مناطق الفائض المائي في حوض الجفر لم تتجاوز 13.5% من مساحة الحوض الكلية وأن بقية المناطق والتي تصل مساحتها الى 10407.1كم2 هي مناطق عجز مائي ، كما أن نطاقات الفائض

المائي تنحصر ضمن الأجزاء الشمالية الغربية والغربية من الحوض ، والتي يتراوح معدل الأمطار فيها ما بين (100-259.1ملم) والتي تمثلها محطات الشوبك ، القويرين ، البسطة ،أذرح والصداقة ، حيث تمثل محطة الشوبك المنطقة التي يزيد فيها الفائض المائي عن 60ملم والتي تشكل 3.6% من مساحة منطقة الدراسة ، أما بالنسبة لمحطات أذرح ،البسطة والصداقة فتمثل المنطقة التي يتراوح فيها الفائض المائي ما بين (30-60ملم) والتي تشكل4.6 % من مساحة منطقة الدراسة ، وتمثل محطة قويرين المنطقة التي يتراوح فيها الفائض المائي ما بين (0-30ملم) والتي تشكل (5.3%) من مساحة منطقة الدراسة الأمر الذي يترتب عليه انحصار وجود معظم مشاريع الحصاد المائي ضمن مناطق الفائض المائي على اختلاف مستويات الملائمة لهذه المناطق ، الشكل (67) . كما أنه لا يمكن اغفال نقطة هامة في هذا المقام وهي انه تمت مقارنة النتائج التي تم التوصل اليها من خلال تطبيق معادلة (Thornthwaite and Mather ,1955,1957) مع نتائج تطبيق نموذج (SCS-CN) في الفصل الخامس من أجل الحصول على صورة أدق وأشمل للوضع المائي في حوض الجفر وبالتالي الوصول الى قرار مكاني دقيق عند تقييم احتمالية الحصاد المائي ، كذلك ابرازأهمية تقنيات (GIS & R.S) بالتكامل مع النمذجة الهيدرومناخية في عملية اتخاذ القرار المكاني .



الشكل (69) الموازنة المائية لمنطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على معادلة (TM,1955,1957)

الفصل الخامس

تقدير الجريان السطحي في حوض الجفر باستخدام طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة(SCS-CN) ونظام المعلومات الجغرافية

1:5 نموذج الأمطار - الجريان السطحي

2:5طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة

3:5الغطاء الأرضي و استعمالات الأرضي

4:5نسبة الرشح

5:5تصنيف التربة

6:5 تقدير الجريان السطحي باستخدام طريقة (SCS-CN)

7:5 نتائج تطبيق طريقة (SCS-CN) في تقدير الجريان السطحي

1:5 تمهيد :

يركز هذا الفصل على تأثير العواصف المطرية (Rain Storms) قصيرة المدة (Short-Term) في حدوث الجريان السطحي في منطقة الدراسة (حوض الجفر السطحي داخل الأردن)، من خلال العواصف المطرية التي حدثت خلال الفترة (1970-2010) لـ 12 محطة مطرية ، وللفترة (1940-2010م) لمحطة معان .

2:5 نموذج الأمطار - الجريان السطحي (Rainfall - Rainoff Modeling) :

بدأ تطبيق نمذجة الأمطار – الجريان السطحي (Rainfall - Runoff Modeling) منذ نهاية الستينات وبداية السبعينات من القرن الماضي على نطاق واسع ، و يتألف هذا النموذج من مجموعة من المعادلات الرياضية المترابطة والتي يمكن وصفها بانها تعبيرعن تأثير الجريان المائي على سطح الأرض مع وجود القياسات التي تمثل معدلات القيم المتعلقة بالحوض النهري ككل،(Madsen et al, 2002).

وهنا يجب الإشارة وتوضيح ما ورد عند ماديسن وأخرون (Madsen et al,2002) على أن ما تتضمنه المعادلات الرياضية هو عبارة عن نتائج الدورة الهيدرولوجية على سطح الأرض والمتمثلة بالجريان السطحي مع الأخذ بعين الاعتبار عند دراسة الجريان السطحي خصائص الحوض النهري والمتمثلة بخصائص التربة ، الجيولوجيا ، المناخ ، الخصائص الجيموفولوجية وخاصة الانحدار بالاضافة للأنشطة البشرية وغيرها. ذلك أن الجريان السطحي (Runoff) يمثل حركة الجاذبية الارضية للماء فوق سطح الأرض في قنوات والتي قد تتفاوت في حجمها فبعضها لا يعدو أن يكون مسيلات صغيرة وأخرى تتضمن الأنهار الكبرى في العالم ،(Ward, 1967) .

وبالتالي يمكن اعتبار نموذج الأمطار- الجريان السطحي (Rainfall – Runoff) مكون هام يساهم بشكل فعال في الدورة الهيدرواوجية (Hydrological Cycle) من خلال تصميم النظم الهيدرولوجية (Hydrological Structures) ومورفولوجية نظام التصريف المائي (The Drainage System) وبالتالي فإن التقييم لنموذج الجريان السطحي- الأمطار أمرهام لتحديد وتوقع تأثيراته او نتائجه بما يخدم الدراسة الحالية في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر . كما يعتبر التقييم المباشر لنموذج الأمطار- الجريان السطحي عادة فعال لكنه غير ممكن دائما لمعظم المناطق في الوقت المطلوب، ويمكن اعتبار استخدام تقنيتي (G&R) من الوسائل المهمة للتغلب على مشكلة الطريقة التقليدية لتقييم الجريان السطحي الناتج عن الهطول(Pradhan et al, 2010) . وبالتالي فان تحديد العواصف المطرية (Rainy storms) وحدوث الجريان السطحي و كميته والتي تعتمد على خصائص العاصفة المطرية مثل كثافة العاصفة

المطرية وتوزيعها بالإضافة إلى العوامل الأخرى التي تؤثر بشكل مباشر في حدوث وحجم الجريان السطحي مثل نوعية التربة ، الغطاء النباتي ، الانحدار ، العمران،الهيدرولوجيا والخصائص الجيومورفولوجية المختلفة والتي تم تناولها في الفصلين الثاني والثالث .

وقد وجد الباحث من خلال مراجعة الأدب النظري أن المنهجية المتعلقة باستخدام نموذج الأمطار- الجريان السطحي قد طبقت في مناطق مختلفة من العالم، فمثلاً نجد أنها طبقت في المنطقة المدارية الجافة في استراليا من خلال تحديد الجريان النهري لاي نقطة ضمن حوض (Bardekin Catchment) في المنطقة المدارية الجافة في استراليا من خلال إعداد البيانات اليومية للأمطار لإنشاء نموذج الأمطار- الجريان المائي ، بيانات العاصفة الماطرة، بيانات الغطاء الأرضي و بيانات استخدام الأرض لبناء النموذج ، (Post, 2009).

3:5 طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (The SCS-CN Method) :

يوجد عدة طرق لتقديرالجريان السطحي داخل الحوض المائي (watershed)، حيث يعتبر رقم المنحى (Curve Number) في الوقت الحاضر من أكثر الطرق شيوعاً كطريقة مركبة لغطاء التربة الهيدرولوجي (The Hydrological Soil Cover Complex Method) ، إذ تستخدم على نطاق واسع كخطوة ضرورية لتقدير الجريان السطحي، حيث تتضمن هذه الطريقة استخدام خصائص هامة ومتنوعة للحوض النهري المعني كنفاذية التربة، استخدام الأرض، ظروف مياه(رطوبة) التربة السابق(الأولي) (Antecedent Soil Water Conditions) والتي يجب أخذها بعين الاعتبار، وبالتالي فقد استخدمت في الدراسة الحالية بيانات الأمطار اليومية بالتوافق مع (GIS) لتقدير الجريان السطحي في منطقة الدراسة ،وتبدو أهمية هذه الطريقة كحل فعال لتقدير الجريان السطحي (Runoff) للحوض إذ تظهرعادةً في الدراسات الهيدرولوجية مشكلة تتمثل في توفر سجلات لمعدلات الأمطار وفي المقابل عدم توفر سجلات خاصة بالجريان المائي للكثير من الأحواض المائية ومنها الحوض المائي قيد الدراسة (حوض الجفر). حيث تبين للباحث عدم وجود أية سجلات خاصة بالجريان المائي للعشرين السنة الأخيرة في حوض الجفر وقد اقتصر الأمر قبل ذلك على وجود محطة واحدة وهي وادي الجرذان والتي أغلقت عام 1996م . من هنا وجد الباحث في هذه الطريقة السبيل الأفضل لتقدير معدل الجريان المائي السطحي لحوض الجفر ، وهنا تجدر الإشارة الى أن الباحث لجأ إلى تقدير الجريان المائي من خلال إعداد الموازنة المائية لمنطقة الدراسة بالاعتماد على نموذج (TM,1955,1957)، ولكن تبقى طريقة (The SCS-CN) الأكثر دقة لأنها تتعامل مع العواصف المطرية وهذا ما تم تأكيده من خلال تطبيق هذ ا النموذج في مناطق مختلفة من العالم ، أضف لذلك أن المختصين بالموارد المائية(الهيدرولوجيين)في خدمات حفظ التربة(SCS)يواجهون

باستمرار مشكلة تقدير الجريان المائي المباشر نتيجة عدم توفرسجلات هيدرولوجية متاحة للأحواض الصغيرة وحتى الكبرى في بعض الأحيان،وبالتالي تعتبر طريقة رقم المنحنى (Curve Number Method) أداة مقبولة في الموارد المائية (Hydrology) والتي تستخدم عامل الظروف الأرضية (Land Conditions) والمسمى (Curve Number)، كأداة موثوقة (دقيقة) والذي يعتبر المقياس الوحيد الذي يستجيب (Responsiveness) لأربعة عناصر هامة في الحوض المائي تشمل :

1. نوع التربة.
2. استخدام الأرض والغطاء الارضي.
3. ظروف السطح.
4. ظروف الرطوبة الأولي(السابق)، (Al Jabri et al,2009).

وبالتالي تعتبر طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS-CN) طريقة مركبة لغطاء التربة الهيدرولوجي(The Hydrology Soil Cover Complex Method) والتي تم تطويرها من خلال خدمة حفظ التربة (SCS) في قسم الزراعة في الولايات المتحدة لاستخدامها في المناطق الريفية، حيث يستخدم على نطاق واسع كخطوة أساسية لتقدير الجريان المائي كما تعتبر متطلبات هذه الطريقة ممكنة والمتمثلة في كمية الأمطار ورقم المنحنى الذي يبنى على مساحات مجموعة التربة الهيدرولوجية(Hydrologic Soil Group)، معالجة الغطاء الأرضي، استخدام الأرض و الظروف الهيدرولوجية.

وحسب المختصين في(SCS Soil) يجب تصنيف التربة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية (Hydrologic Groups) ، وهي (A,B, C and D Group) ، (USDA, 1985).

ويعتمد تصنيف المجموعات الاربعة على السعة و القدرة على الرشح المائي ، حيث تعبر المجموعة (A) عن القدرة العالية للتربة (High Capacity) (أكبر من 7.62 ملم) بالتحديد للترب ذات النسيج الطيني اللومي (Loam-Clay Texture Soils) ، أما المجموعة (B)فهي ذات قدرة متوسطة (Medium Capacity) (3.81—7.62ملم) والتي تختص بالترب ذات النسيج اللومي و اللومي الرملي(Loamy and Loamy –Sandy Texture Soils) ، المجموعة (C) فتمثل الترب ذات السعة المنخفضة (Low Capacity)(1.27-3.81) والتي تختص بالترب ذات النسيج الطيني اللومي (Loam_clay Texture Soils)، اخيرا تعتبر المجموعة (D)ذات سعة منخفضة جدا (Very Low Capacity)(0-1.27ملم) وتختص بالترب ذات النسيج الطيني اللومي واللومي الطيني (Loam–Clay and Clay-LoamTexture

(Soils ، كما يعتمد تحديد قيم كل مجموعة أو صنف على استعمال الارض والغطاء الارضي في المنطقة المدروسة وغطاء التربة الهيدرولوجي (Hydrologic Soil Cover) ، والتي تستخدم في تقدير الجريان السطحي المباشر كما تعتبر ظروف التربة السابقة Antecedent)) Moisture Condition(AMC)) مؤشراعلى رطوبة التربة ، ومخزون الرطوبة السابق للعاصفة المطرية المتاح في التربة والذي له دور فعال في تحديد مقدار الجريان المائي السطحي ،(Cračium et al ,2007) .

وهنا تجب الاشارة الى خطوة هامة اخذت بالاعتبار بما يتناسب وطبيعة منطقة الدراسة حيث يبلغ المعدل السنوي لسقوط الامطار حوالي 260ملم في محطة الشوبك وما بين 110ملم و135ملم في محطات بسطة ، القويرين ، الصداقة وأذرح ، وحوالي 70ملم في محطة جبل البتراء ، و40ملم في محطة الجفر وأقل من ذلك في باقي المحطات ومن هنا قام الباحث بتطبيق نظام رطوبة التربة السابقة (AMC) على المحطات التي يزيد فيها معدل الأمطار عن 100 ملم ، أما المحطات التي يقل فيها المعدل السنوي للأمطارعن 100ملم فقد تم التعامل معها على اساس العاصفة الماطرة التي لا يرافقها جريانا سطحيا الا على فترات متباعدة وقد لا تستمر هذه العاصفة لاكثر من 24 ساعة واحيانا لعدة ساعات يرافقها جريانا مائيا محدثا فيضانا مفاجئا (Flash Flood) كما هو الحال في الفيضانات التي تعرضت لها مدينة معان ،على سبيل المثال لا للحصر تعرضت مدينة معان لاول فيضان حسب السجلات المتاحة في2آذار1941م وبلغت كمية الهطول المطري 27.5 ملم خلال 24 ساعة، ثم تتكرر ذلك في 1944/1/31م وبلغت كمية الهطول المطري 30ملم خلال 24 ساعة ولم يتكرر حدوث ذلك الا بعد 22 سنه في 11 آذار 1966 م حيث بلغ معدل الهطول المطري 38 ملم خلال 24 ساعة وبالتالي نلاحظ من خلال مثال مدينة معان قصر طول العاصفة الماطرة في المناطق الجافة ولكن عادة ما يصاحبها هطول مطري مرتفع وهنا اعتمد الباحث على متوسط رقم المنحنى (CN) أي رقم المنحنى في الظروف العادية (Normal Conditions) أو (AMCII) في الحالات التي لا تزيد فيها مدة العاصفة الماطرة عن 24 ساعة أما اذا زادت المدة عن ثلاثة أيام فيتم التعامل معها بنفس الطريقة المتعلقة بالمناطق الرطبة مع مرعاة الشروط المتعلقة بذلك ، وهذا ما لا يتوافق مع المناطق التي يزيد فيها معدل الامطار عن 100ملم فمثلا في محطة الشوبك استمرت العاصفة الماطرة لمدة تزيد عن 12 يوم من13-1971/12/28م وبلغ مجموع الامطار الهاطلة خلال هذه الفترة 183.6 ملم توزعت الامطار الساقطة على معظم هذه الأيام وبالتالي لم يحدث الجريان السطحي الا بعد أن تشبعت التربة بالرطوبة وبالتالي تم الاعتماد مسبقا على نسيج التربة واستعمال الارض او الغطاء الارضي لاستخراج رقم منحنى ، بالاضافة للاعتماد على رطوبة التربة السابقة(AMC) لتحديد

الجريان السطحي ،الجدول (23) .حيث تستخدم ثلاثة مستويات في تحديد (AMC) في طريقة (CN) تشمل :

- AMCI: for Dry Conditions.
- AMCII: for Normal Conditions.
- AMCIII: for Wet Conditions.

الجدول (23) تصنيف ظروف رطوبة التربة السابقة

AMC	Dormant Season	Growing Season
I	< 12.7	< 35.6
II	< 12.7 – 27.9	35.6 – 53.3
III	> 27.9	> 53.3

(USDA, 1985)

ويمكن استخدام المعادلات المتعلقة بحالات رطوبة التربة الثلاث (AMC) لحساب الجريان السطحي المباشر للعاصفة المطرية من خلال معادلة (SCS-CN)حيث تطبق هذه المعادلة عندما تكون كمية الأمطار أكبر من 20 % من الفاقد الأولي .

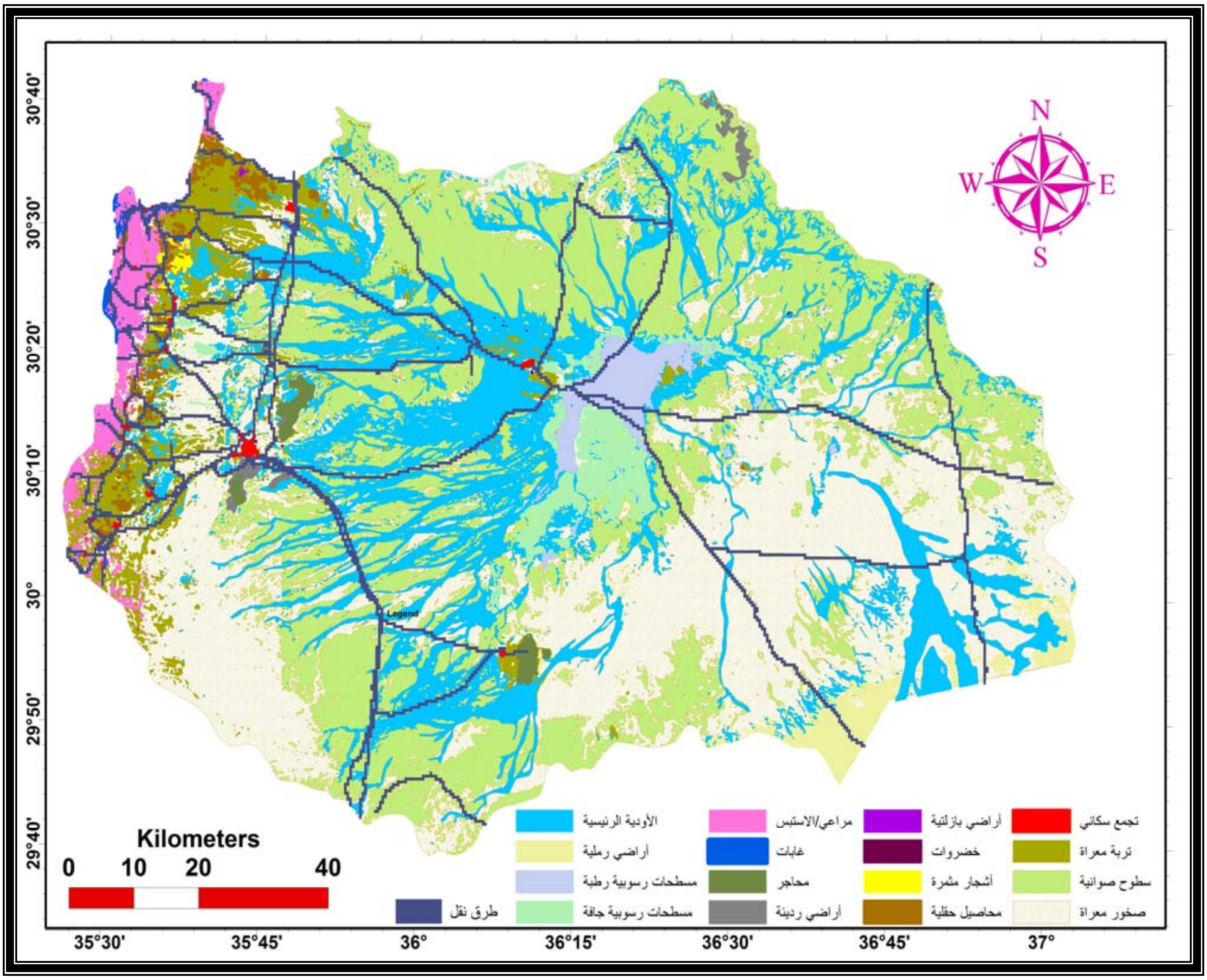
و يمكن اعتبار (CN) مقياس بلا وحدات (Dimensionless parameter) وتتراوح قيمته بين (1) كحد أدنى و(100) كحد أعلى ويحدد بناءا على مجموعة التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil group) ، استخدام الأرض، المعالجة الأرضية، والظروف الهيدرولوجية، (Chow, 2002) .

وبالتالي لا بد من وجود مجموعة من المعايير التي يجب تحديدها وتقديرها من اجل تصنيف مجموعات التربة الهيدرولوجية ، تصنيف ظروف الرطوبة للتربة وتقدير رقم المنحنى وبعد ذلك حساب المخزون السطحي للتربة (Water Storage) (S) والفاقد الأولي (Initial Abstraction(Ia)) ، وفي النهاية تقدير الجريان السطحي (Direct Surface Runoff) .

4:5الغطاء الأرضي و استعمالات الأراضي (Land cover & Land Uses) :

تعتمد عملية تحديد مجموعات التربة الاربعة على ظروف السطح من حيث استخدام الارض أو الغطاء الارضي باعتبار سطح الارض هو المسرح الذي يحتضن نتائج الدورة الهيدرولوجية من جريان سطحي أو رشح نحو الاسفل كذلك التبخر، وبالتالي فان تحديد الموازنة المائية في مكان ما على سطح الارض يعتمد على محتوى التربة من الرطوبة وبالتالي تقدير

العجز أو الفائض المائي ، ووجد في منطقة الدراسة سبعة عشر صنفاً للغطاء الأرضي واستخداما أرضيا، الشكل (70) .



الشكل (70) الغطاء الارضي واستخدام الأرض في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث باستخدم (GIS)

وتتباين استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي في مساحاتها ضمن منطقة الدراسة ، الجدول،(24).

الجدول (24) مساحات الغطاء الأرضي واستخدام الأرض في منطقة الدراسة

الرقم	الغطاء الأرضي واستخدام الأرض	المساحة (كم2)	نسبة المساحة (%)
1	الغابات	7.6	0.06
2	المراعي/الاستبس	170.3	1.4
3	المحاجر	55.2	0.46
4	طرق النقل	615.6	5.1
5	التجمعات السكانية	15.74	0.13
6	الأراشي الوعرة	40.1	0.33
7	تربة معراة	562	4.7
8	صخور معراة	3868.85	32
9	سطوح صوانية	3366	28
10	أراضي بازلتية	2	0.02
11	مسطحات رسوبية جافة	327	2.7
12	مسطحات رسوبية رطبة	165	1.4
13	الأودية الرئيسية	2560	21.3
14	الرمال	216	1.8
15	محاصيل حقلية	54.6	0.45
16	محاصيل شجرية	18.3	0.15
17	الخضروات	0.7	0.006
المجموع		12045	100 %

(المصدر : عمل الباحث باستخدم (GIS)

حيث تشكل الأراضي المعراه أعلى نسبة بين سائر الأصناف ، فنجد أن الصخور المعراه تشكل (32%)، السطوح الصوانية (28%)، الأودية الرئيسية الرسوبية (21.3%) من مساحة منطقة الدراسة، في المقابل نجد ان استخدامات الأراضي محدودة في منطقة الدراسة نظراً لصفة الجفاف التي يختص بها حوض الجفر بالاضافة الى قلة أعداد السكان مقارن بمناطق الأردن الأخرى فنجد على سبيل المثال أن المناطق الزراعية بأنواعها الحقلية والشجرية والخضراوات لم تتجاوز 73.6 كم2 بنسبة 0.61% من مساحة منطقة الدراسة، كما نجد أن المساحة المبنية بالمساكن لم تتجاوز 16 كم2، بنسبة 0.13 % من مساحة منطقة الدراسة، أما الاستخدام الأرضي الذي احتل النسبة الأعلى فهو طرق النقل التي تتجاوز مساحتها 615 كم2 بنسبة 5.1% من مساحة منطقة الدراسة.

بناءاً على ما تقدم نلاحظ وجود علاقة واضحة بين الغطاء الأرضي واستخدام الأرض في منطقة الدراسة والجريان المائي وخاصةً مناطق التجمعات السكانية التي ارتفعت فيه نسبة الجريان السطحي مقارنة بالمناطق الأخرى، وأما بالنسبة للمناطق الزراعية فيكاد يكون تأثيرها معدوم

نظراً لضآلة المساحات المزروعة باستثناء بعض المساحات المزروعة في المرتفعات الشمالية الغربية ، أما بالنسبة للغطاء الأرضي فلا يوجد هناك علاقة واضحة بين الجريان المائي والغطاء الأرضي نظراً لقلة الأمطار وندرتها، ولكن قد يظهر تأثيرها جلياً في حالة حدوث الفيضانات المفاجئة والتي تعد من سمات أمطار المناطق الصحراوية نظراً لتركز الأمطار خلال فترات زمنية قصيره حيث تزداد شدة الجريان المائي وخاصة على السطوح المعراه وفي الأودية الرسوبية في نهاية المطاف، وفي النهاية يمكن اعتبار ذلك مؤشرا عند اختيار المواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي.

5:5نسبة الرشح Infiltration Rate :

عادةً ما يتم تناول نسبة الرشح للماء نحو الأسفل لتحديد كمية المياه التي تتسرب عبر مسامات التربة نحو الأسفل، وبالتالي درجة تأثير ذلك على الجريان السطحي، وفي اختيار المواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي.وعادةً ما يستخدم الباحثون ما يسمى Double Ring) Infiltrometer (DRI) من خلال أخذ عينات التربة من مواقع ممثلة لمنطقة الدراسة لتحديد نسبة الرشح. وأخذ الباحث عند تحديد هذه التصنيفات بالإضافة إلى نسيج التربة مقدارالرشح (Infiltratation) لكل نوع ، حيث يقل الرشح مع ارتفاع نسبة الطين في التربة، كما يتضح في الجدول (25) .

الجدول (25) مقدار الرشح حسب نسيج التربة

Texture	Infiltration	Texture	infiltration
Clay	0.11	loam	0.60
Silty clay Loam	0.15	Silty Loam	0.62
Clay Loam to silty clay Loam	0.21	Sandy loam to sandy clay Loam	2
Clay Loam	0.21	Sandy Loam	2.99
Sandy Clay Loam	0.55	Loamy Sand	13.51

(Clapp and Hornberger, 1978)

و يمكن تحديد العوامل التي تؤثر في نسبة الرشح على النحو التالي :

1. محتوى التربة من الرطوبة (Soil Moisture Content):

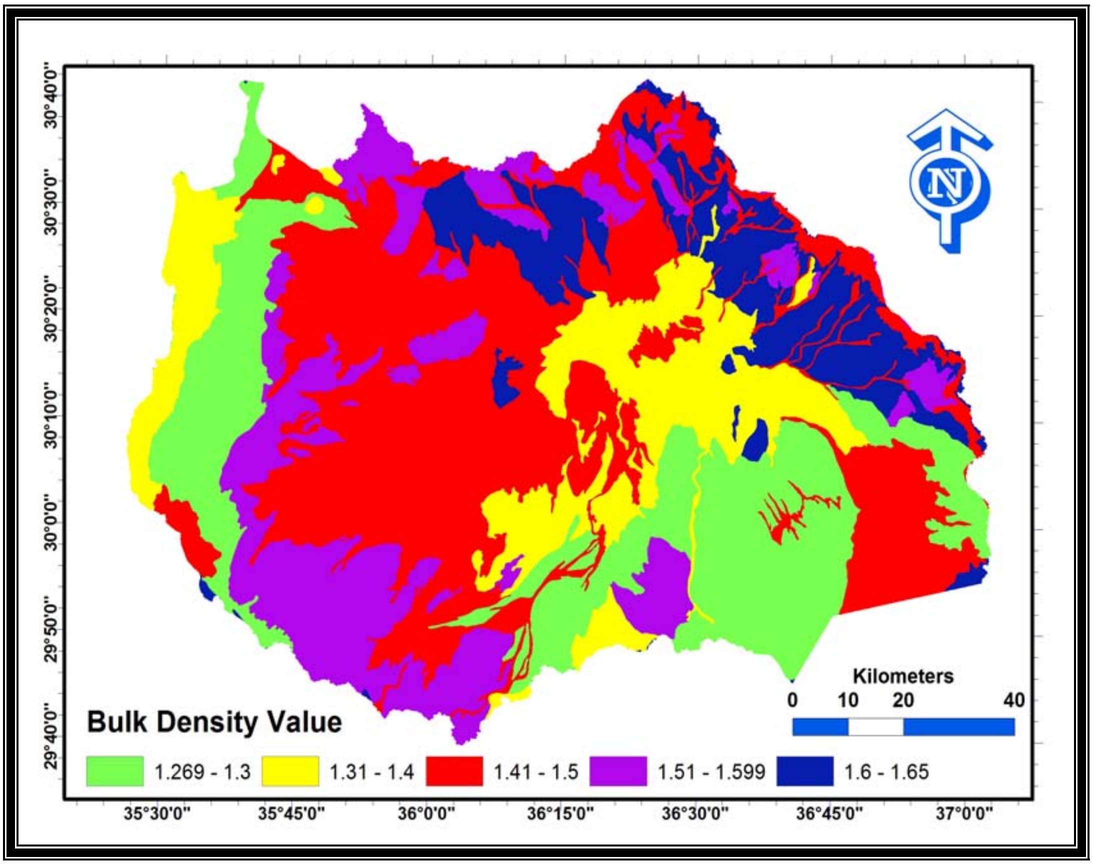
يعتبر محتوى التربة من الرطوبة ذو تأثير هام على نسب الرشح الأولية، وبشكل عام تعتبرهذه النسبة عالية في المرحلة الأولى عندما تكون التربة جافة، كما هو الحال في منطقة الدراسة والتي تقع ضمن الإقليم المناخي الجاف حيث تتراوح كمية الرطوبة في التربة ما بين 113 و 132 ملم، والتي قام الباحث بتقديرها باستخدام (SWDM) كما مرّ معنا في الفصل الرابع ،ولكن تتجه نسبة الرشح إلى الانخفاض التدريجي حتى تقترب من حالة الثبات في النهاية.

2. بنية التربة ومساميتها (Soil Structure & Porosity):

تقدم بنية التربة ومساميتها مؤشراً هاماً على المحتوى الطبيعي للفراغات بين جزيئات التربة والذي يعتبر عاملاً مهماً في حركة المياه من سطح التربة نحو الأسفل.

3. كثافة الكتلة (Bulk Density):

تعتبرعاملاً مؤثراً في نسبة الرشح والذي يزودنا بالمعلومات عن توزيع المسافة بين فراغات التربة، فإذا كانت قيم (BD) 1.6 فأكثر فهذا يدل على تفاقم مقدار المياه الممتصة من قبل التربة وبالتالي ينخفض معدل الجريان السطحي خاصة إذ كانت التربة السطحية ذات نسيج مستدق ، ويزداد معدل الجريان المائي كلما انخفض (BD) عن 1.6، ووجد الباحث أن (BD) ينخفض بالاتجاه نحو المناطق الغربية والشمالية الغربية من حوض، الشكل (71).



الشكل (71) كثافة الكتلة(BD) في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث)

وبالتالي فان نسبة الرشح للتربة تقدم مؤشراعلى ارتفاع معدل الجريان المائي وانخفاض نسب الرشح المائي في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية الأكثر رطوبة من حوض الجفر، والذي يمكننا في نهاية المطاف من اختيار أفضل المواقع لمشاريع الحصاد المائي .

6:5تصنيف التربة (Soil Classification):

تم تصنيف نسيج التربة في منطقة الدراسة إلى عشرة أصناف تتباين في مساحاتها و مناطق انتشارها كما مرّ معنا في الفصل الثاني.

7:5 تقدير الجريان السطحي باستخدام طريقة (SCS-CN) :

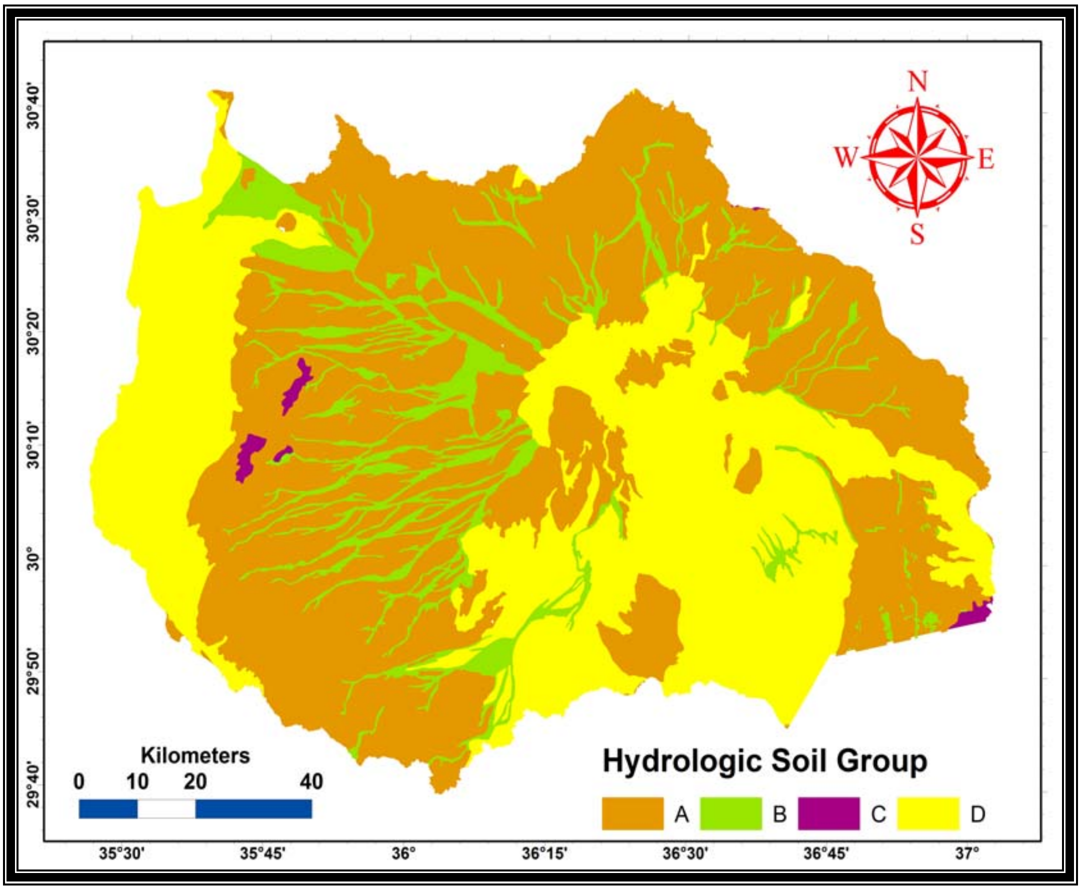
تمكن الباحث من خلال تصنيف التربة من تصنيف منطقة الدراسة إلى أربع مجموعات تربة هيدرولوجية (Hydrological soil groups) ، الجدول (26) .

الجدول رقم (26) تصنيف مجموعة التربة الهيدرولوجية

مجموعة التربة الهيدرولوجية	نسيج التربة	المساحة (كم^2)	النسبة من مساحة منطقة الدراسة (%)
D	Clay loams , silty Clay loam, Clay, Clay loam to silty Clay loam	4412.4	36.6
C	Sandy Clay loam	61	0.5
B	Loam, loam to silty loam	1271.6	10.6
A	Loam Sand, sandy loam, sandy loam to sandy clay loam	6300	52.3
Total		12045	100%

(المصدر:اعداد الباحث)

وتم بعد ذلك استخدام برمجية (ArcGIS10) لتوزيع هذه المجموعات على منطقة الدراسة، الشكل (72) .



الشكل (72) توزيع مجموعات التربة الهيدولوجية في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث)

ومن أجل الحصول على قيم ورقم المنحنى (The Curve Number Values) لكل مساحة مصنفة تم الاعتماد على مجموعة التربة الهيدرولوجية (The Hydrological Soil Group) و الغطاء الأرضي واستخدام الأرض، الجدول (27)

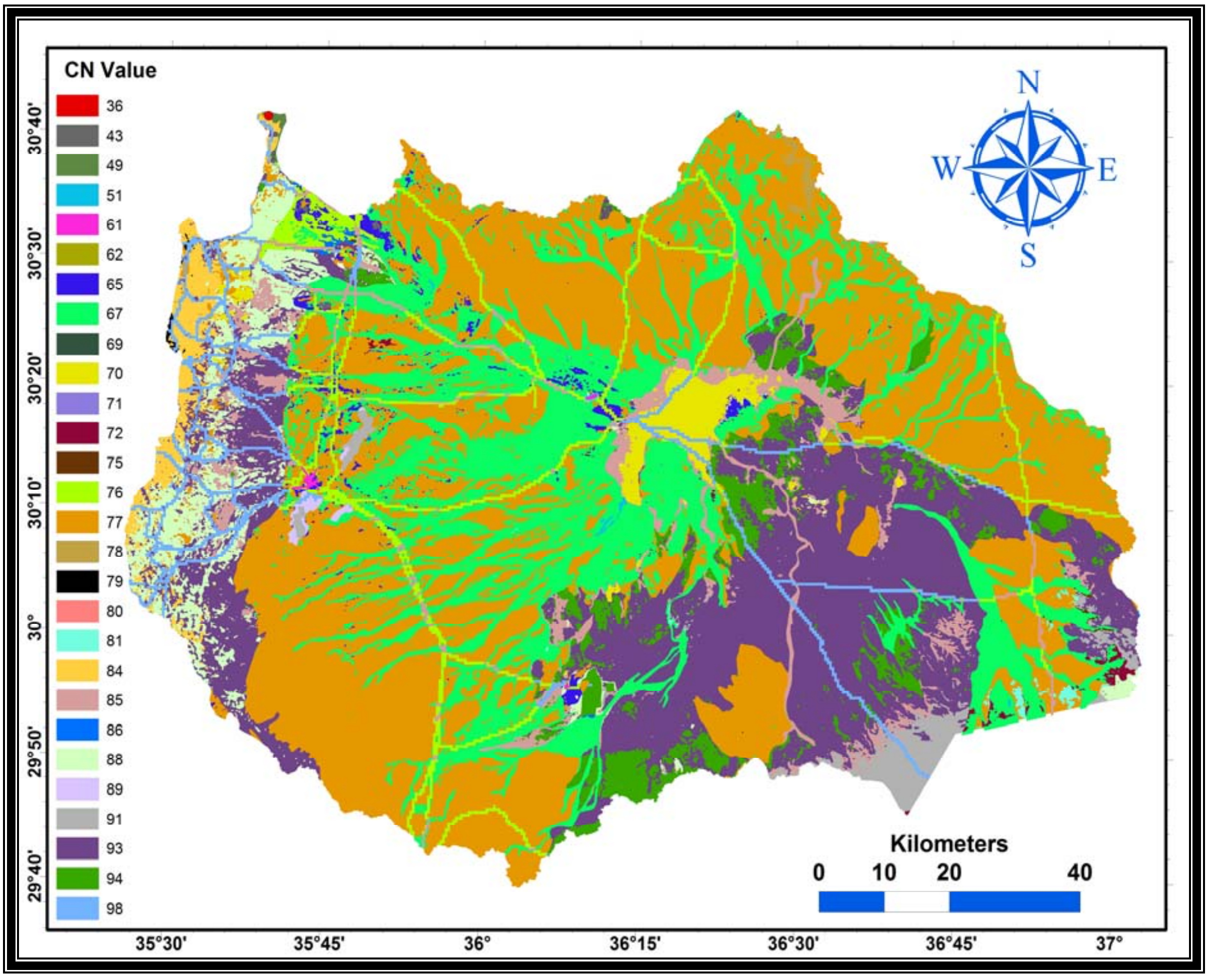
الجدول (27) قيم رقم المنحنى للغطاء الأرضي واستخدام الارض

NO	Land Use / Land Cover	Conditions	Hydrologic Soil Group	CN	Area(km2)	Area(%)
			A	36	0.085	0.0007
			B	60	0.006	0.00005
1	Forest	Fair	D	79	7.5	0.06
			A	49	5.9	0.05
			B	69	0.007	0.00006
2	Pasture	Poor	D	84	164.4	1.4
			A	77	12.5	0.1
			B	86	1.07	0.01
			C	91	21.6	0.2
3	Quary	Human Use	D	94	20	0.2
			A	76	265	2
			B	85	72	0.6
			C	98	3	0.02
4	Roads	Human Use	D	98	275.6	2
			A	61	7.8	0.06
			B	75	0.84	0.007
5	Settlements	Human Use	D	93	7.1	0.06
			A	78	20.1	0.2
6	Badlands	Not Used	C	89	20	0.2
			A	65	93.1	0.8
			B	76	56.7	0.5
7	Bare soil	Not Used	D	88	412.2	3.4
			A	77	1610.4	13.4
			B	86	9	0.07
			C	91	2.45	0.02
8	Bare Rock	Not Used	D	93	2247	18.6
			A	77	2882.4	24
			B	86	0.02	0.0002
		Not Used	C	91	0.12	0.001
9	Chert Plains		D	94	483.5	4
			A	77	1.7	0.01
			B	86	0.02	0.0002
10	Basiltic Land	Not Used	D	94	0.24	0.002
			A	67	217.1	1.8
11	Dry Mudflat	Not Used	B	67	1.2	0.01

			D	85	108.6	1
			A	51	2	0.02
			B	51	4.8	0.04
12	Wet Mudflat	Not Used	D	70	158.1	1.3
			A	67	1150.5	10
	Main Wadies		B	67	1102.2	9
			C	80	0.15	0.001
13		Not Used	D	85	307	2.5
			A	72	25.6	0.2
			B	81	19.1	0.16
			C	88	13	0.1
14	Sands	Not Used	D	91	158.6	1.3
			A	43	5	0.04
			B	65	5.5	0.05
15	Field Crops	Fair	D	77	44.1	0.4
			A	51	0.7	0.006
			B	51	0.2	0.002
16	Tree Crops	Fair	D	70	17.4	0.1
			A	62	0.2	0.002
			B	71	0.4	0.003
17	Vegetable	Fair	D	78	0.1	0.001
				Av = 75.875	∑= 12045	∑=100 %

(المصدر : عمل الباحث باستخدام طريقة (SCS-CN))

ومن ثم قام الباحث بتصنيف منطقة الدراسة حسب قيم رقم المنحنى لكل مساحة، الشكل (73) .



الشكل (73) توزيع أرقام المنحنى في منطقة الدراسة

(المصدر : عمل الباحث)

وتتباين منطقة الدراسة من حيث مجموعة التربة الهيدرولوجية، قيمة رقم المنحنى والمساحة التي يشغلها، درجة الانحدار والارتفاعات التي تتوزع ضمنها مجموعات التربة وقيمة رقم المنحنى و ظروف الغطاء الارضي واستخدام الأرض.

وبالاعتماد على البيانات التي يمثلها الجدول رقم (27) يمكن حساب رقم المنحنى المركب (The Composite Curve Number) من خلال المعادلة التالية:

$$- CN_c = \frac{\sum(CNi \times Ai)}{A} \qquad \text{(USDA,1985)}$$

ويمكن التعبير أيضاً عن رقم المنحنى المركب أو رقم المنحنى الموزون ((Weighted Curve Number(WCN)) بالمعادلة التالية:

$$WCN = \frac{CN\ 1A1 + CN\ 2A2 + ... + CNiAi\ .... + CNnAn}{\sum_{i=1}^{n} Ai}$$

ويمكن تطبيق هذه القرنية على حوض الجفر على النحو التالي:

$$CNc = \frac{962426}{12045\,km^2} = 80$$

وبالتـالي فـإن CNII تسـاوي (80) بمعنـى أن هـذه القيمـة تمثـل ظـروف الرطوبـة العاديـة the (AMCII) Normal Condition ، أما بالنسبة للظروف الجافة (AMCI) فيمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية:

$$CN(I) = \frac{4.2 \times CN_{(II)}}{10 - (0.058 \times CN_{(II)}}$$

و يمكن تطبيق هذه المعادلة على حوض الجفر على النحو الآتي:

$$CN(I) = \frac{4.2 \times 80}{10 - (0.058 \times 80)} = 52.5$$

أخيراً يمكن استخدام المعادلة التالية في حالة الظروف الرطبة (AMCIII):

$$CN\ (III) = \frac{23 \times CN_{(II)}}{10 - (0.13 \times CN_{(II)}} = 90.2$$

ويبين الجدول (28) رقم المنحنى لظروف التربة السابقة الثلاث (the three Antectecedent moisture conditions) في الجفر .

الجدول (28) رقم المنحنى العام في منطقة الدراسة لظروف الرطوبة السابقة الثلاث.

AMC	I	II	III
Value	52.5	80	90.2

8:5 نتائج تطبيق طريقة (SCS-CN) في تقدير الجريان السطحي :

من أجل حساب عمق الجريان السطحي (the Surface runoff Depth) في حوض الجفر يمكن استخدام المعادلة التالية :

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(p + 0.8S)}$$

ويمكن حساب (s) من خلال المعادلة التالية:

$$S = \frac{25400}{CN_{(II)}} - 254$$

و بتطبيق هذه المعادلة على حوض الجفر نحصل على قيمة (S) على النحو الآتي :

$$(1)\ S\ (\text{Normal Conditions}) = \frac{25400}{80} - 254 = 63.5$$

$$(2)\ S\ (\text{Dry Conditions}) = \frac{25400}{52.5} - 254 = 230$$

$$(3)\ S\ (\text{wet Conditions}) = \frac{25400}{90.2} - 254 = 27.6$$

أما بالنسبة للفاقد الأولي فيمكن حسابه من خلال المعادلة التالية:

-Ia = 0.2S

ويمكن تطبيقه على منطقة الدراسة على النحو الآتي:

1) Ia (Normal Conditions) = 0.2 X 63.5 = 12.7

2) Ia (Dry Conditions) = 0.2 X 230 = 46

3) Ia= (Wet Conditions) = 0.2 X 27.6 = 5.52

وهذه النتائج يمكن توضيحها في الجدول رقم (29) .

الجدول (29) المخزون السطحي والفاقد الاولي العامين في ظروف الرطوبة الثلاث في حوض الجفر

AMC	CN	S	P > 0.2S
I	52.5	230	46
II	80	63.5	12.7
III	90.2	27.6	5.52

ونظراً لاتساع مساحة منطقة الدراسة والتي تبلغ حوالي 13.5 % من مساحة المملكة الأردنية الهاشمية فقد رأى الباحث ضرورة حساب قيمة رقم المنحنى (CN) في الظروف الرطبة (AMCIII) ، ظروف الجفاف (AMCI) وفي الظروف العادية (AMCII) بالإضافة إلى الفاقد الأولي (Ia)، والمخزون المائي في التربة (s) لكل محطة مطرية داخل حوض الجفر والبالغ عددها 13 محطة مطرية بعد تقسيم منطقة الدراسة إلى مساحات (Theissen polygons) ، الجدول (30) .

الجدول (30) توزيع الجريان السطحي ورقم المنحنى والفاقد الاولي لظروف الرطوبة الثلاثة حسب مساحات تايسون .

NO	Station	Area (km²)	∑ Cni*Ai	AMC	CN	S (mm)	Ia (p > 0.2S) (mm)	Average Runoff (mm) (1970-2010)
1				I	57.1	190.8	38.16	
				II	76	80.2	16	
	Abu Tarfa	1834	139392	III	88	34.6	7	0.1
2				I	71	103.7	20.74	
	Adruh			II	85.3	43.8	8.8	
		424	36158	III	93	19	3.8	9
3				I	78.7	68.7	13.74	
	Basta			II	89.8	29	5.8	
		155	13912	III	95.3	12.5	2.5	16.2
4				I	54.1	215.5	43.1	
	Jafr			II	73.7	90.6	18.1	
		1457	107399	III	86.6	39.3	7.86	0.2
5				I	67.7	121.2	24.24	
	Shoubak			II	83.3	51	1.2	
		443	36883	III	92	22	4.4	27.4
6				I	77.3	74.6	14.92	13.6
	Sadaqa			II	89	31.4	6.3	
		112	9959	III	95	13.4	2.7	
7				I	63.6	145.4	29	
	Inab			II	80.6	61	12.2	0.5
		1624	130944	III	90.5	26.7	5.34	
8	Qurien			I	78.2	70.8	14.16	14
		235	21026	II	89.5	29.8	6	

				III	95.1	13	2.6	
9	Jabl EL-Betra			I	64	142.9	28.6	4.7
				II	80.8	60.4	12.1	
		554	44748	III	90.6	26.4	5.3	
10	Jabl Quzemah			I	57.5	187.7	37.54	0.7
				II	76.3	79	15.8	
		1411	107623	III	88.1	34.3	6.86	
11	Qabr EL-Sawwa			I	54.4	213	42.6	0.2
				II	74	89.2	17.84	
		985	72899	III	86.7	39	7.8	
12	Kabid			I	78	71.6	14.32	0.4
				II	89.4	30.1	6.02	
		2042	182623	III	95.1	13	2.6	
13	ma´an			I	57.8	185.4	37.1	0.6
				II	76.5	78	15.6	
		769	58795	III	88.2	34	6.8	
∑		12045	962361	–	–	–	–	87.5

(المصدر : عمل الباحث)

ومن ثم تم تطبيق المعادلة المتعلقة بحساب الجريان المائي لكل محطة مطرية للفترة الزمنية من عام (1970-2010م) لجميع المحطات باستثناء محطة معان والتي تم فيها حساب الجريان المائي للفترة (1940- 2010م) نظراً لتوفر سجل مطري طويل الأمد لهذه المحطة،واعتمدت المعادلة الخاصة بحساب الجريان المائي على قيمة الأمطار(p) والتي قام الباحث بتحديدها لكل عاصفة مطرية، مخزون الحوض المائي (s) (watershed storage)، والتي يتم حسابها كما ذكر سابقاً بالاعتماد رقم المنحنى وحسب ظروف الأمطار في كل عاصفة مطرية ، كما اعتمد الباحث على طريقة (SCS) في التوصل الى النتائج المتعلقة بالجريان المائي .

وبناء على نتائج تطبيق معادلة الجريان المائي تبين للباحث وجود تبايناً في معادلات الجريان المائي في حوض الجفر ، كما قام الباحث باستخراج عمق الجريان السطحي لكل مساحة تمثلها محطات الدراسة ، الجدول (31) ، من خلال تحويل كميات الجريان المائي من الملمتر الى المتر المكعب على النحو التالي :

$$RunoffVolume(m^3) = (AverageRunoff \times 10^{-3}) \times (Area \times 10^6)$$

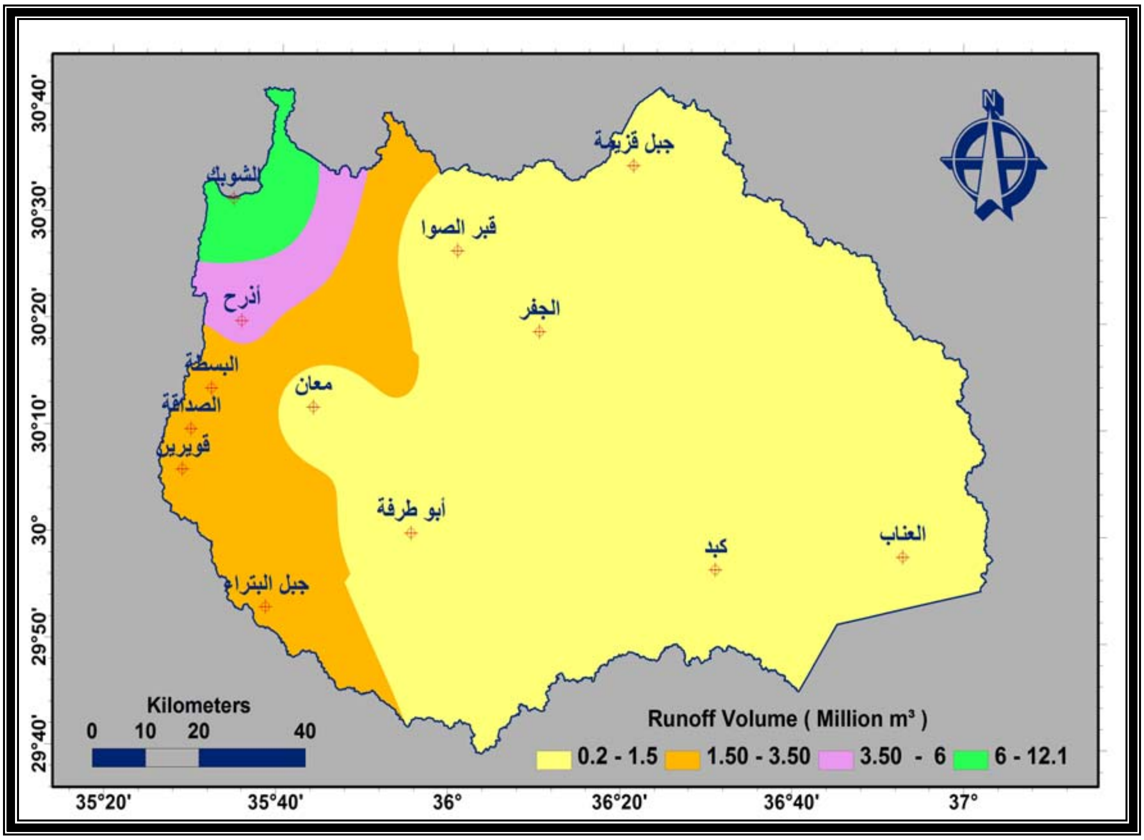
الجدول (31) حجم الجريان السطحي (م3) في حوض الجفر

المحطة	المعدل العام السنوي للأمطار(ملم) للفترة (1970-2010م)	معدل الجريان السطحي (ملم) للفترة (1970-2010م)	نسبة الجريان السطحي من مجموع الأمطار (%)	المساحة (كم2)	حجم الجريان السطحي(م3) (الجريان السطحي×المساحة)
أبو طرفة	27	0.1	0.4	1834	221914
أذرح	127	9	7.1	424	3802220
بسطة	132.2	16.2	12.3	155	2515650
الجفر	30.4	0.2	0.7	1457	253518
الشوبك	259.1	27.4	10.6	443	12138200
الصداقة	119.6	13.6	11.4	112	1519840
العناب	30.6	0.5	1.6	1624	860720
القويرين	113.3	14	12.4	235	3282950
جبل البتراء	70	4.7	6.7	554	2609340
جبل قزيمة	41	0.7	1.7	1411	959480
قبر الصوا	28.8	0.2	0.7	985	197000
كـــــبد	29.5	0.4	1.4	2042	730015
معــان	42	0.6	1.4	769	446020
المجموع	1050.5	87.6	8.3	12045	29536867
المعدل	80.8	6.74	8.3	—	2.27

(المصدر : اعداد الباحث)

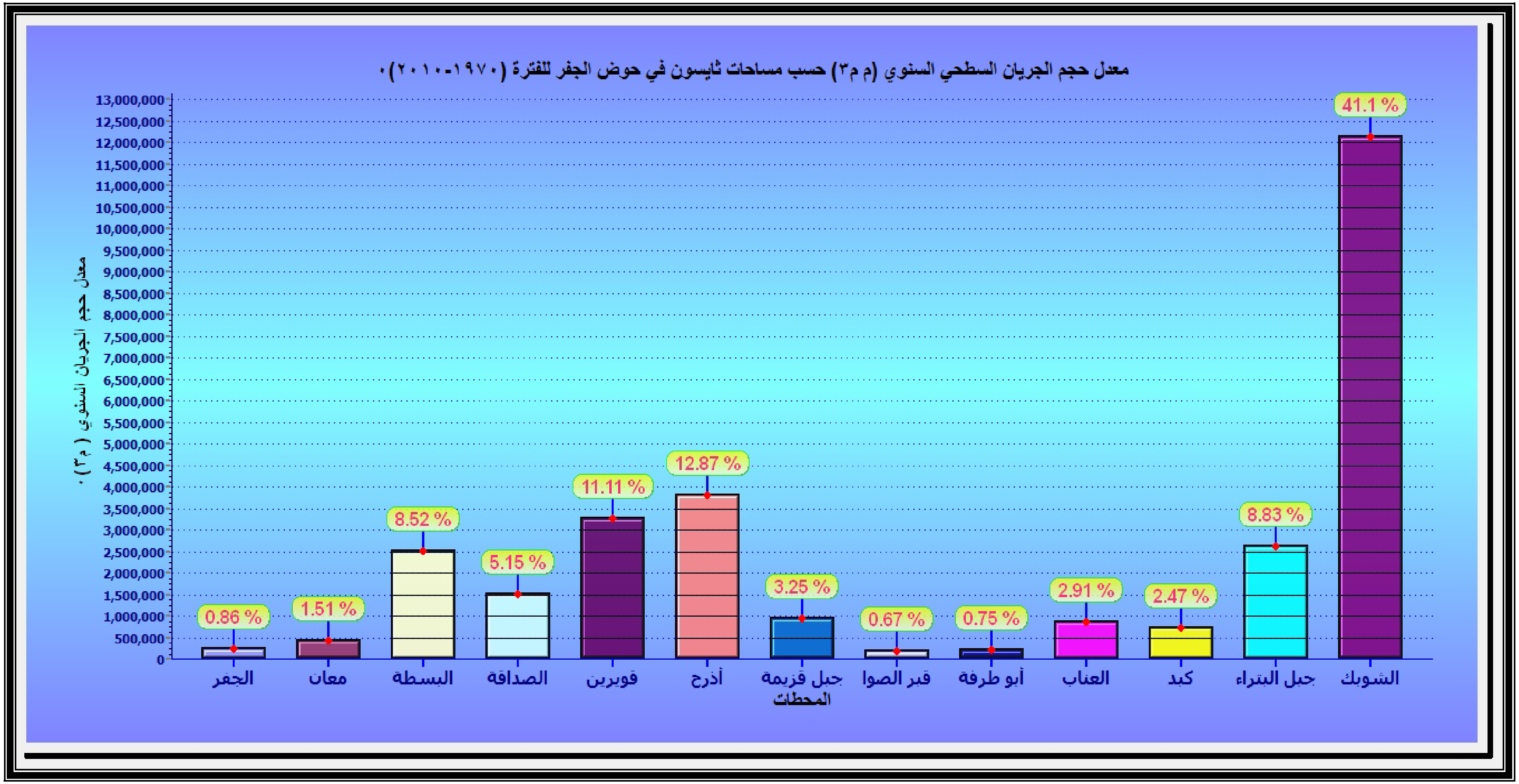
بناءا على ما تقدم تبين ان جزءا كبيرا من معدلات الجريان السطحي في حوض الجفر ليست ذات قيمة في اقامة مشاريع الحصاد المائي نظرا لكبر المساحة التي تغطيها المحطة المناخية (مساحات تايسون) بمعنى أن كمية الامطار التي تتحول الى جريان سطحي هي قليلة جدا ولكن كبر المساحة التي التي تغطيها المحطة المناخية زاد من قيمة الأمطار المساحية ، بالاضافة الى ان معظم الامطار التي تسقط على معظم المحطات التي تقل فها المعدلات السنوية للامطار عن 100ملم هي أمطار عدم استقرار جوي تسقط خلال فترات زمنية قصيرة ولا تتكرر الا بعد سنوات طويلة الامر الذي يجعل عملية اقامة مشاريع الحصاد المائي غير مجد اقتصاديا أو حتى اجتماعيا ، ولكن يرى الباحث ان امكانية التوسع في اقامة المحميات الرعويه في المناطق الجافة التي يقل فيها المعدل السنوي للامطار عن 100ملم قد يكون من الحلول التي يمكن أن تؤخذ بالاعتبار لدى صناع القرار، كما ان تحقيق هدف الدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر يقوم على دراسة وتقييم المناطق التي تزيد فيها معدلات الامطار السنوية عن

100ملم والتي تشمل المساحات التي تغطيها محطات الشوبك ، القويرين، أذرح ، الصداقة ، البسطة والتي تشكل مساحتها 11.1% من مساحة منطقة الدراسة فقط والتي يقع معظمها في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية من حوض الجفر كما تستحوذ على 91.5% من مجموع الجريان السطحي ، وعادة ما تشهد هذه الاجزاء جريانا مائيا سطحيا ، أما بقية أجزاء الحوض والتي تشكل 88.9% من مساحة منطقة الدراسة فمعدلات الامطار السنوية فيها تقل عن 50ملم باستثناء محطة جبل البتراء والتي يبلغ المعدل السنوي للامطار فيها 70ملم ولا تعدو ان تكون فيها الجريانات المائية فيضانات مفاجئة تحدث خلال سنوات متباعدة وتشكل 8.83% من مجموع الجريان المائي السطحي في حوض الجفر ، الشكلين (74،75).



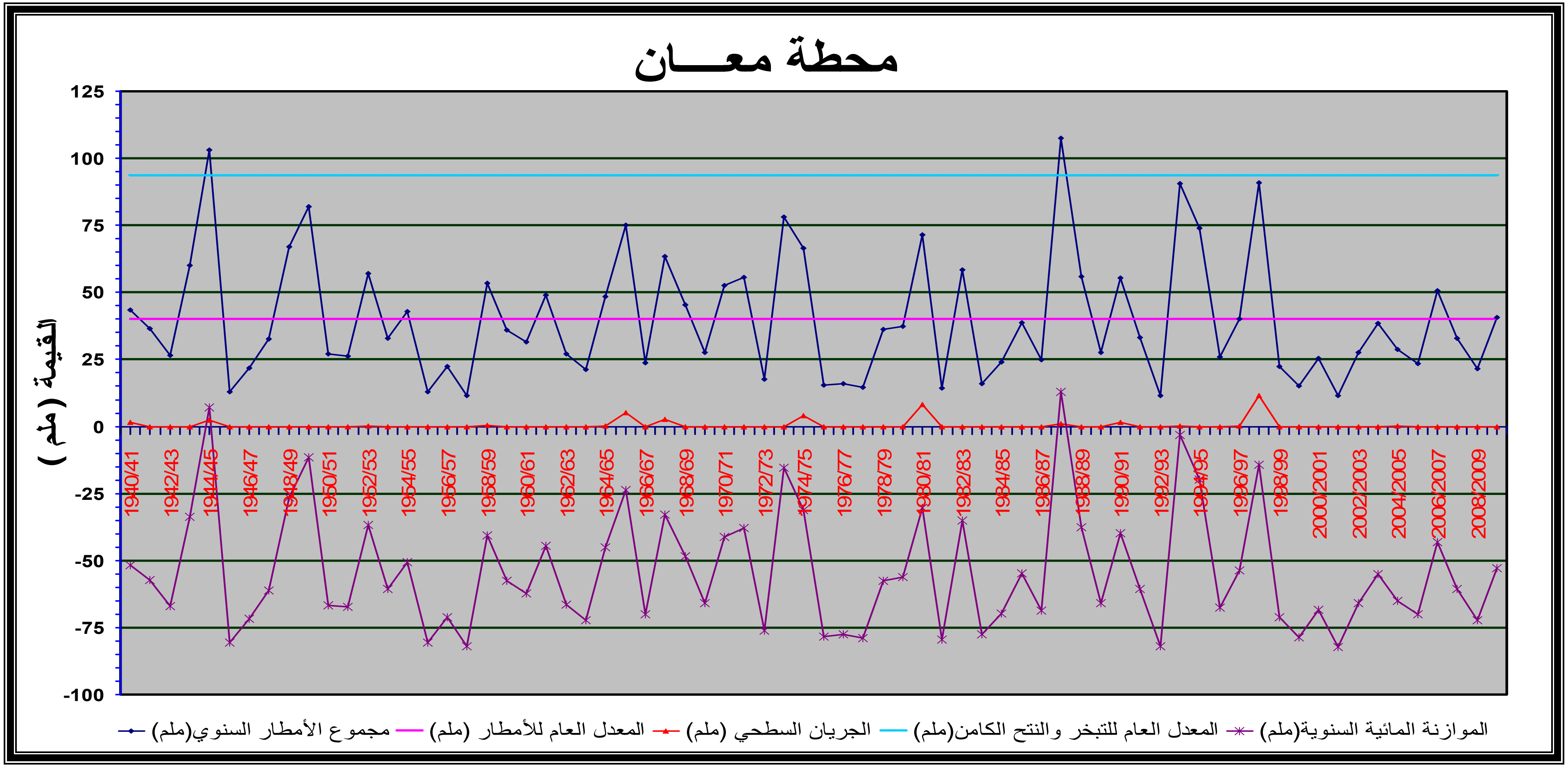
الشكل (74) توزيع حجم الجريان السطحي السنوي (م م3) في حوض الجفر خلال الفترة (1970-2010م)

(المصدر :عمل الباحث)

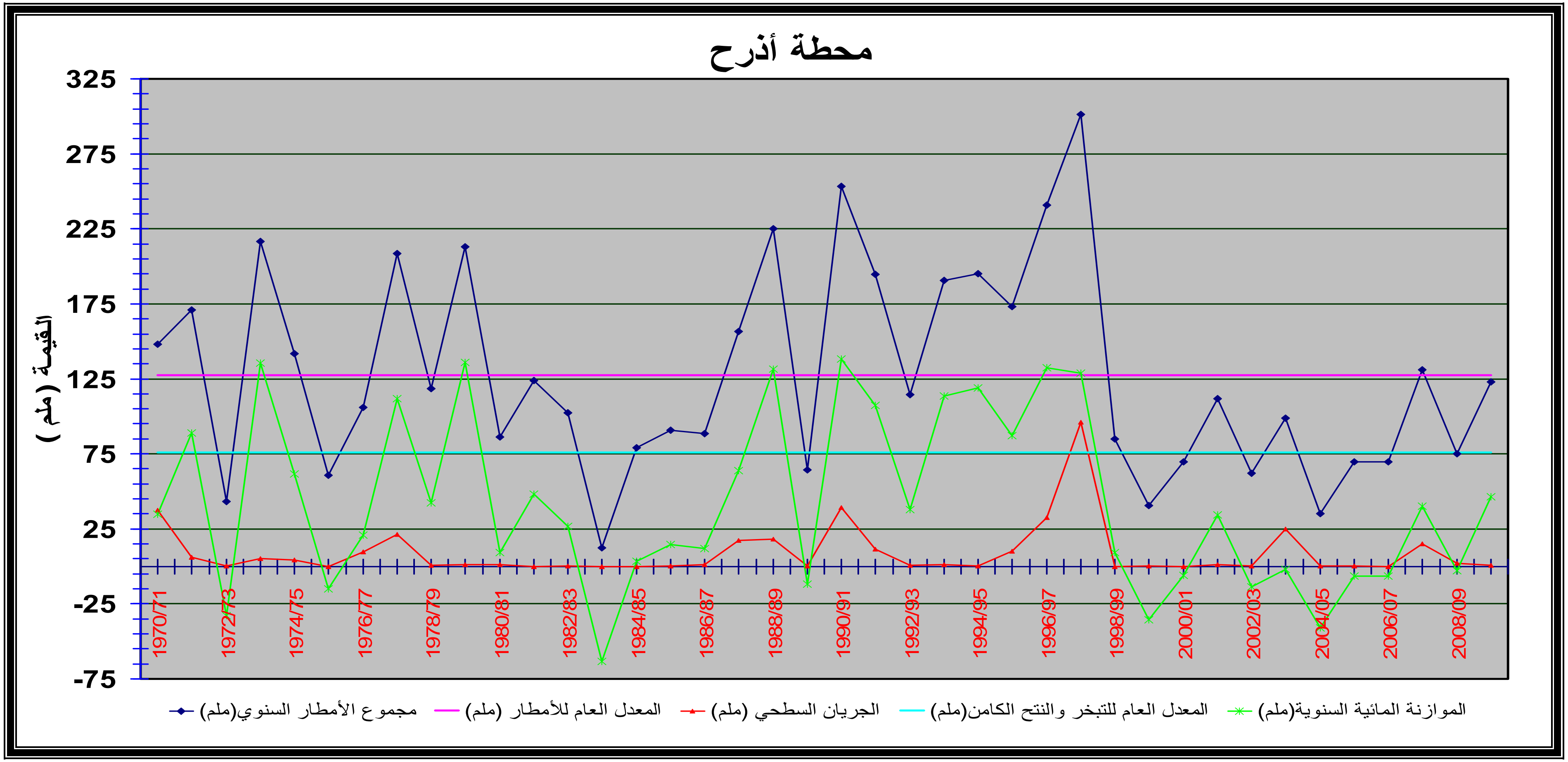


الشكل (75) معدل حجم الجريان السطحي السنوي (م م3) في حوض الجفر حسب مساحات ثايسون خلال الفترة (1970-2010م)

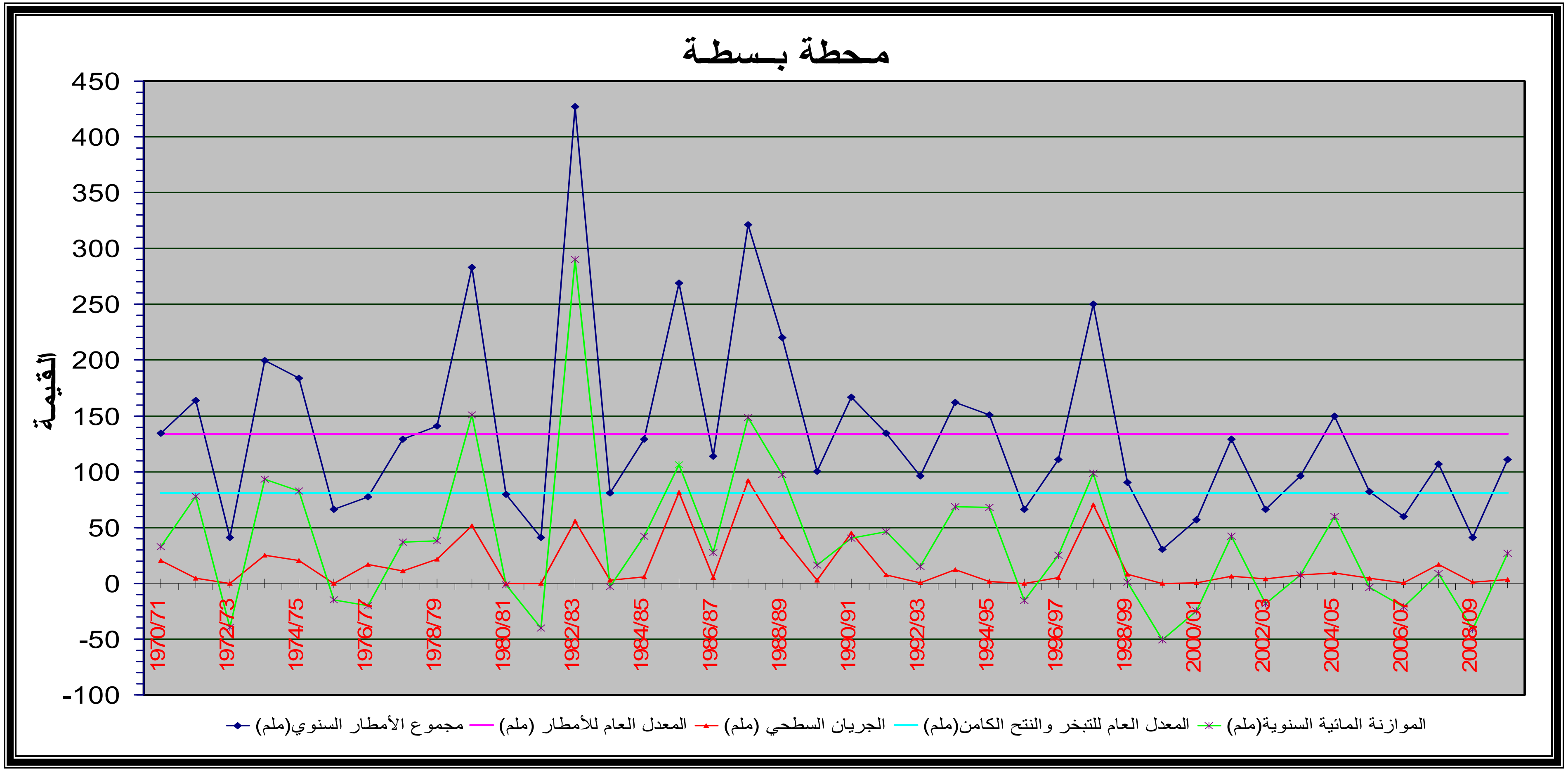
أخيراً يمكن اعتبار عملية تقدير الجريان المائي في منطقة الدراسة مدخلاً هاما في بناء نموذجاً يمكن من خلاله تقييم احتمالية الحصاد المائي وبالتالي تحديد الاماكن الملائمة للحصاد المائي في منطقة الدراسة، بالإضافة إلى نوعية المشروع الخاص بالحصاد المائي وهنا تقدم الدراسة نتائج مفيدة لصناع القرارعن الوضع المائي في حوض الجفر سواءا اكان السنوي ام الشهري لكل مساحة ، كما يظهر في الاشكال (76-88) والتي تبين معدلات الجريان السطحي والتبخر الكامن ومعدل الامطار والموازنة المائية طويلة المدى للفترة (1970-2010م) لجميع المحطات باستثناء محطة معان والتي تم احتساب القيم للفترة (1940-2010م) .



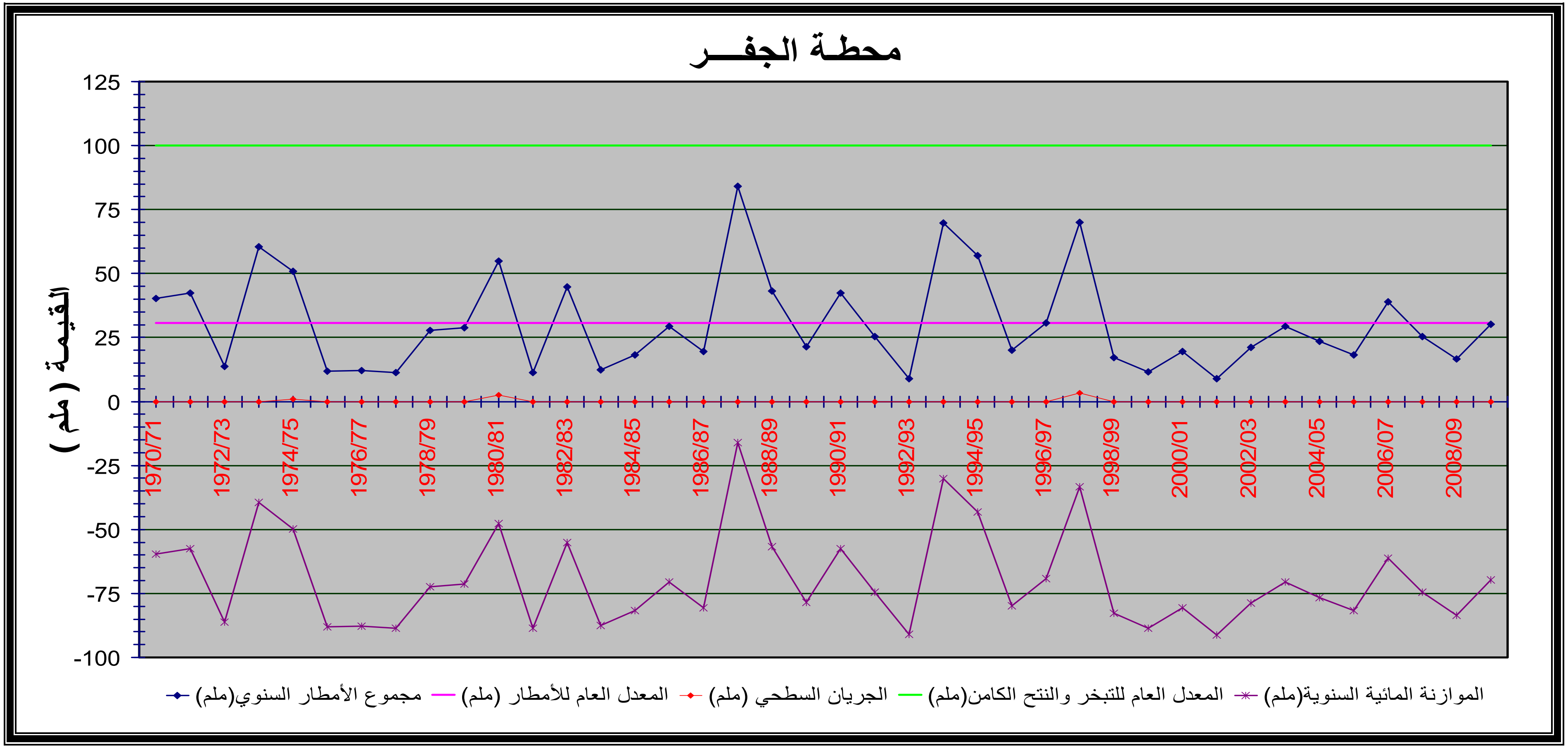
الشكل (76)النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة معان للفترة (1940-2010م)



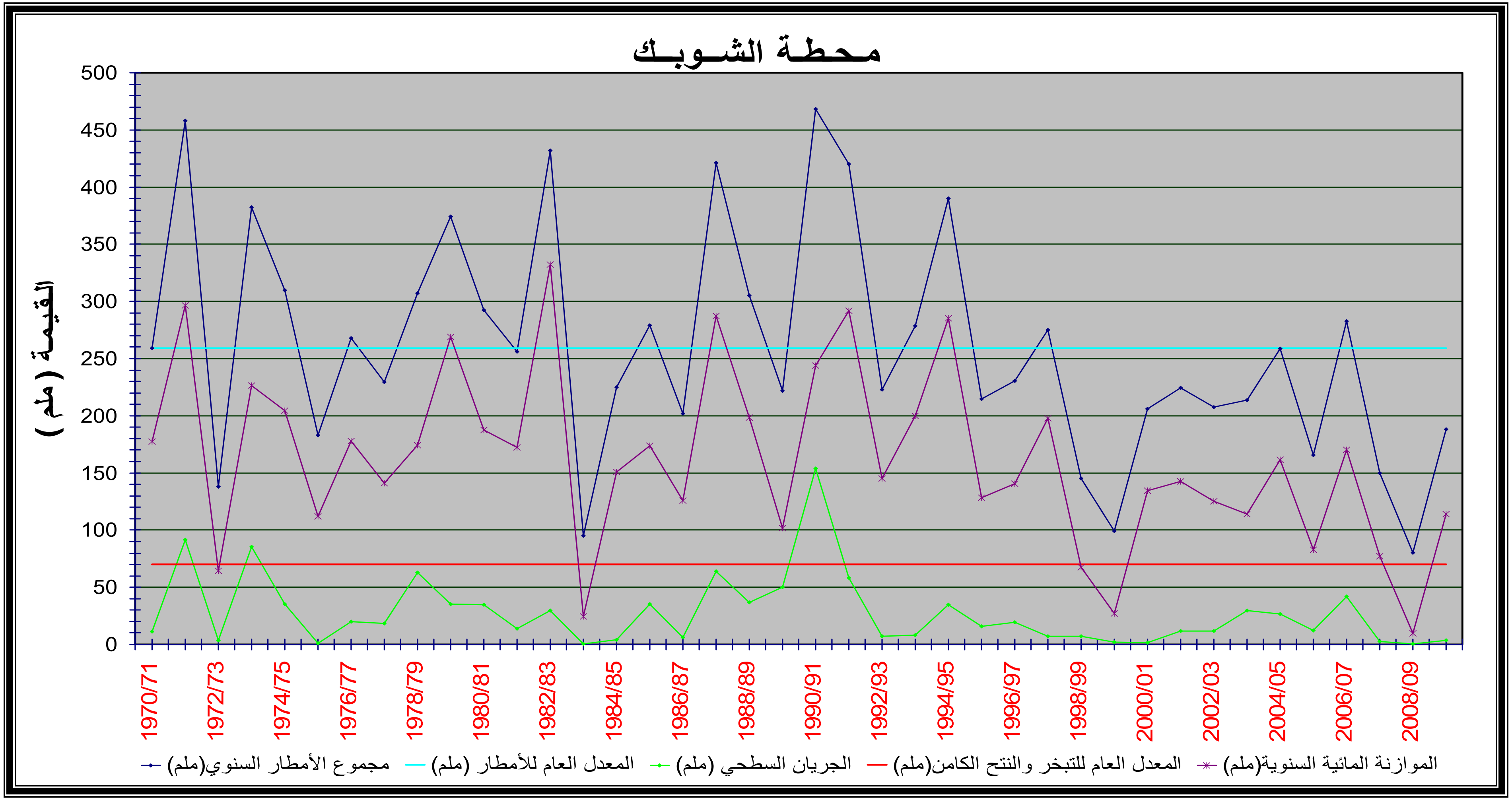
الشكل (77) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة أذرح للفترة (1970-2010م)



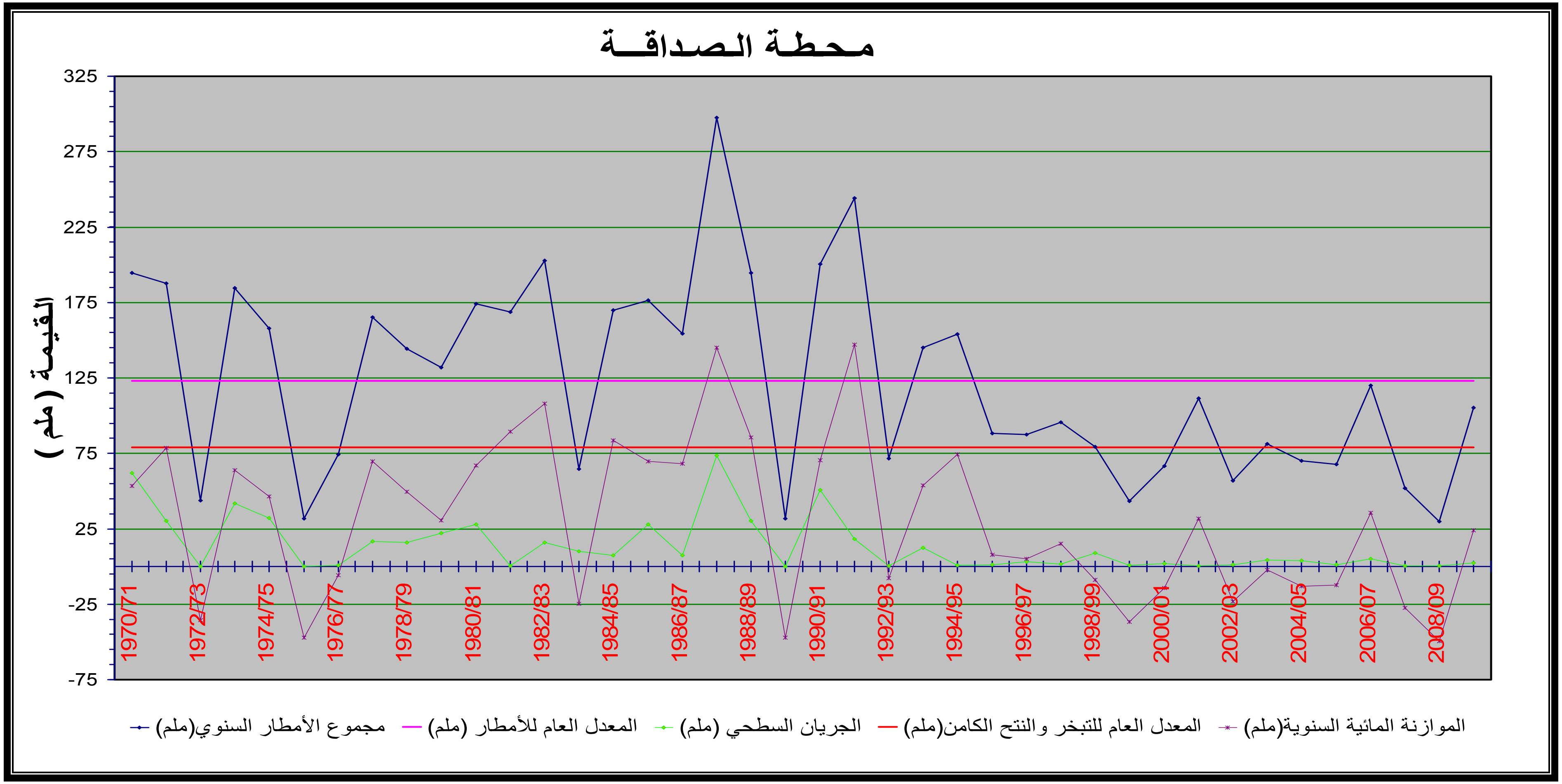
الشكل (78) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة بسطة للفترة (1970-2010م)



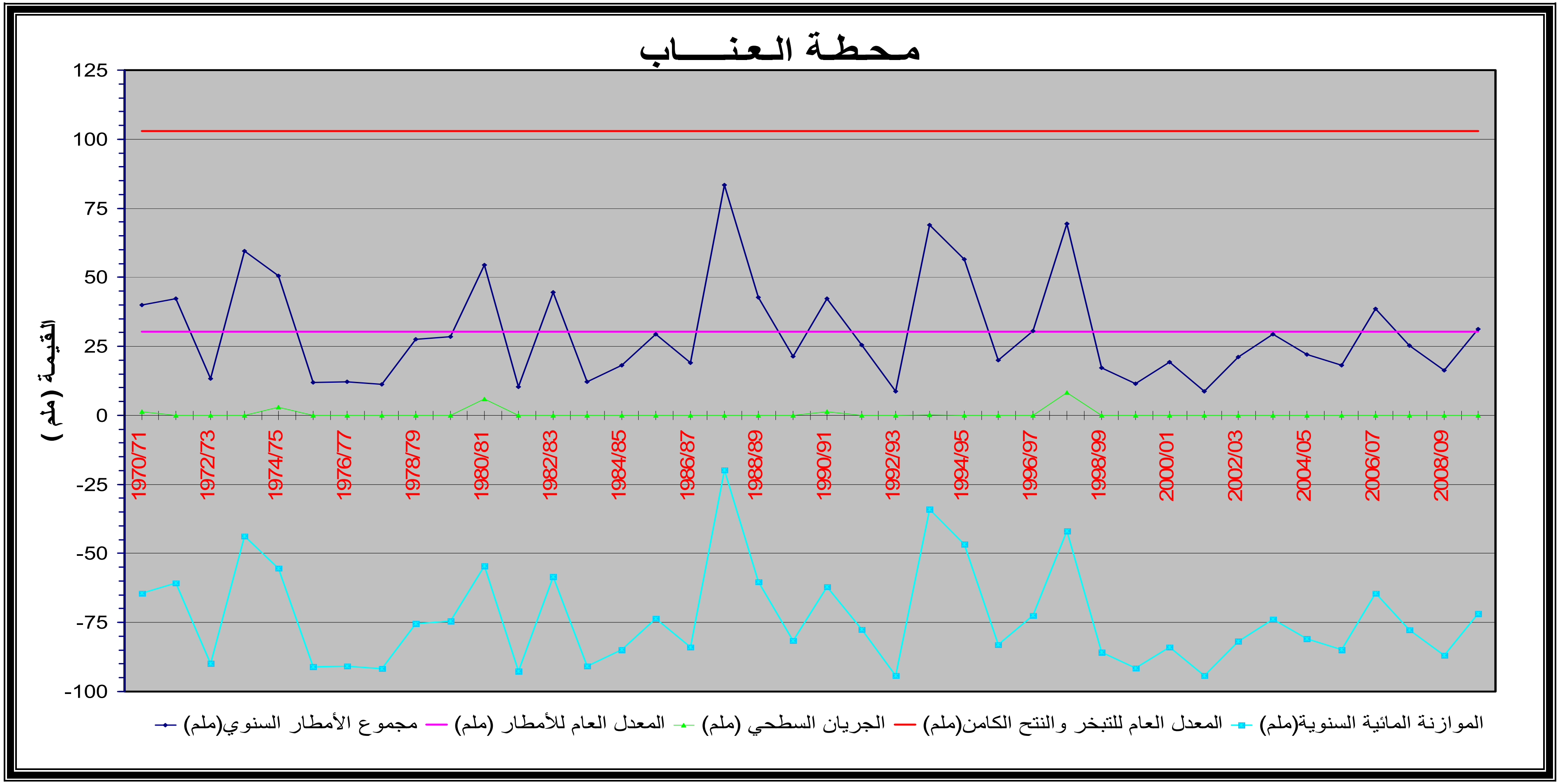
الشكل (79) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة الجفر للفترة (1970-2010م)



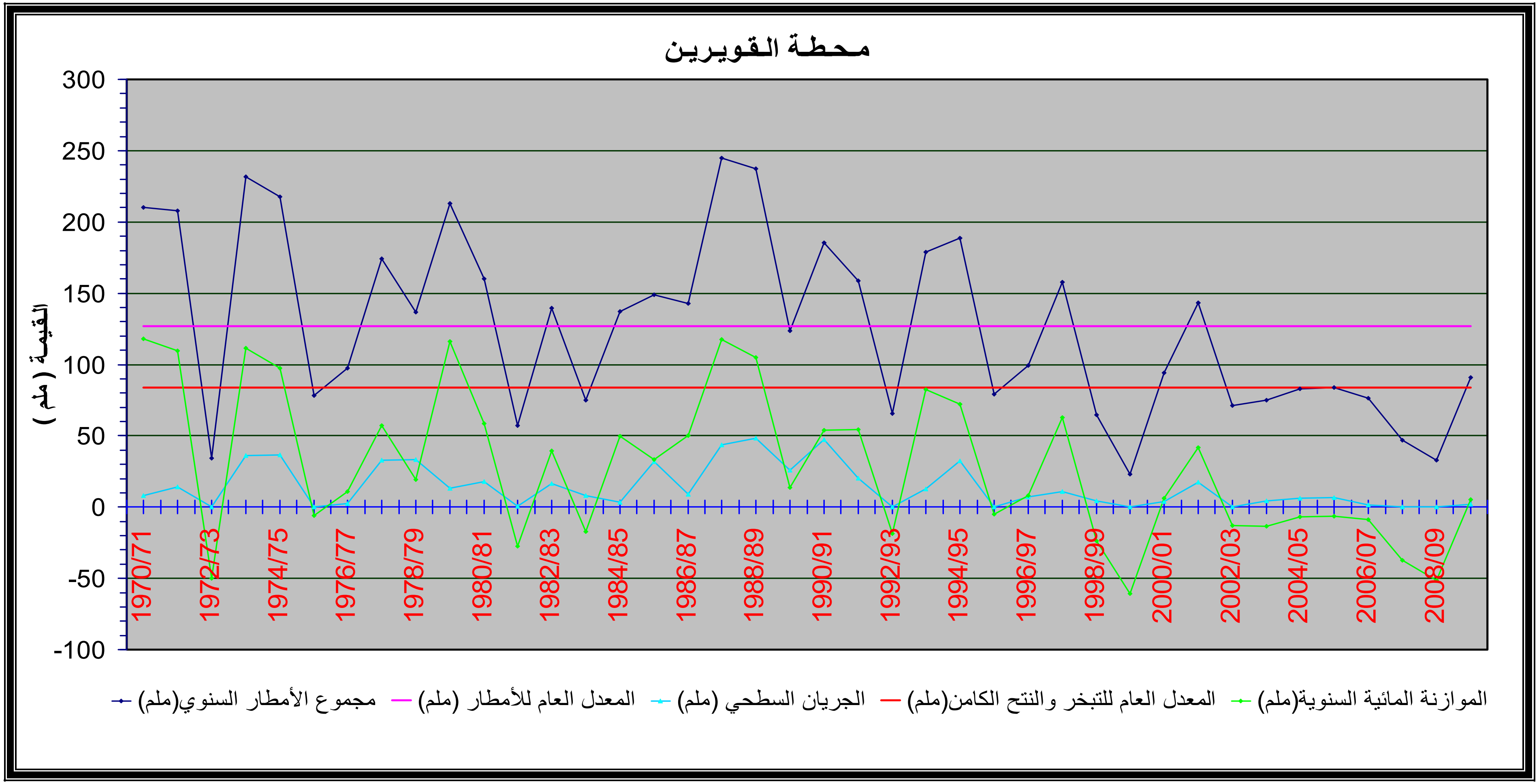
الشكل (80) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة الشوبك للفترة (1970-2010م)



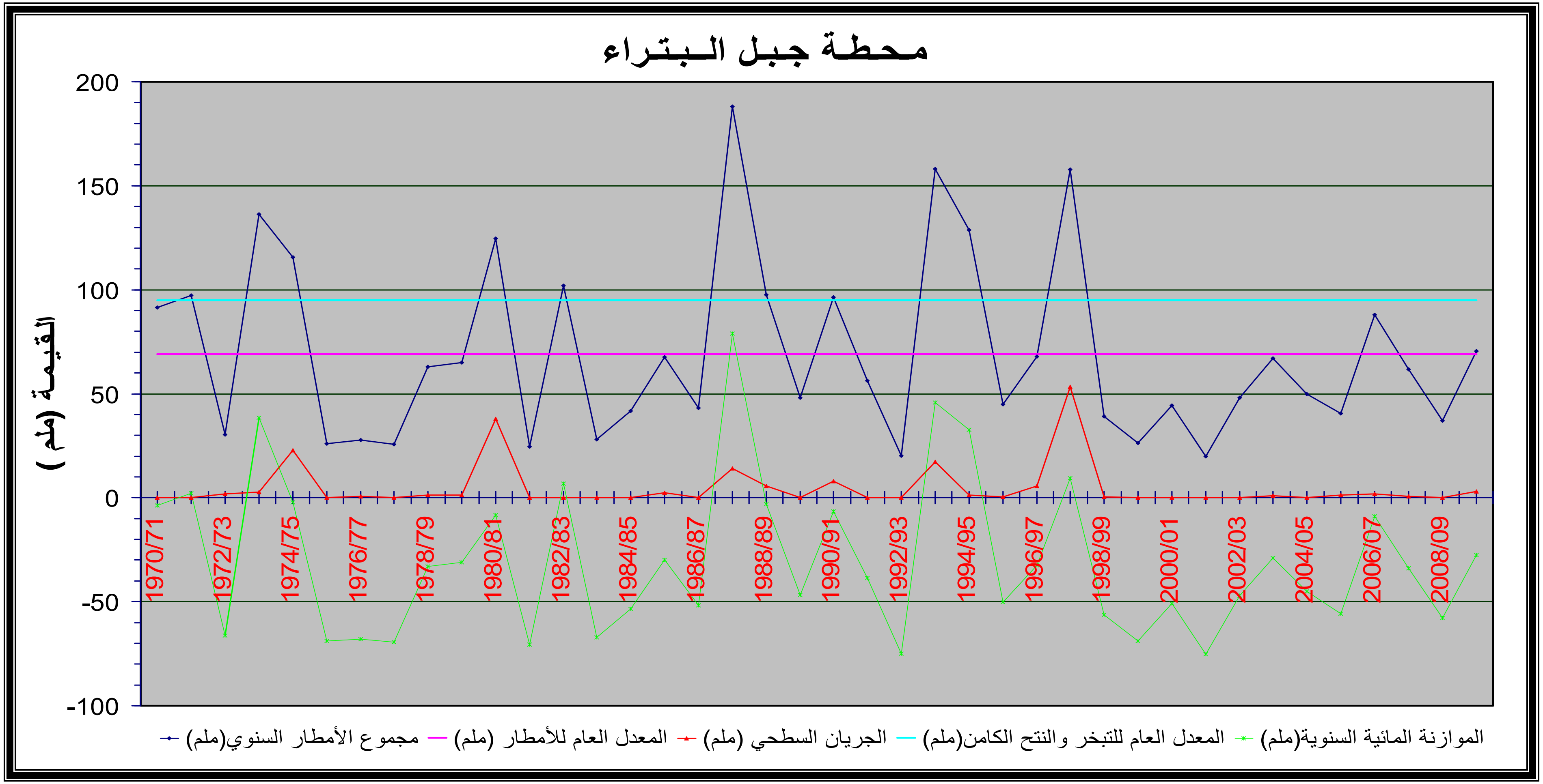
الشكل (81) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة الصداقة للفترة (1970-2010م)



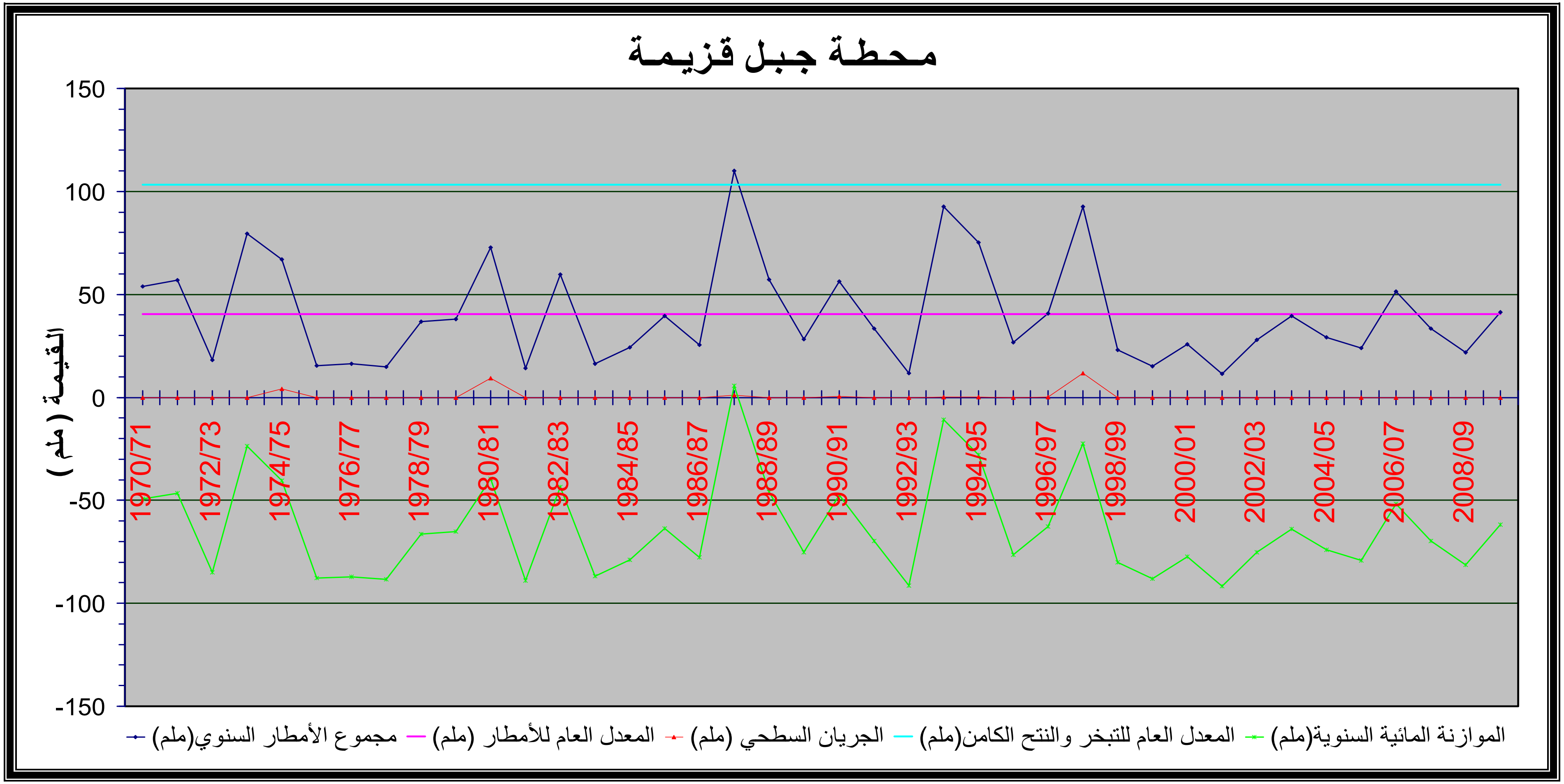
الشكل (82) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة العناب للفترة (1970-2010م)



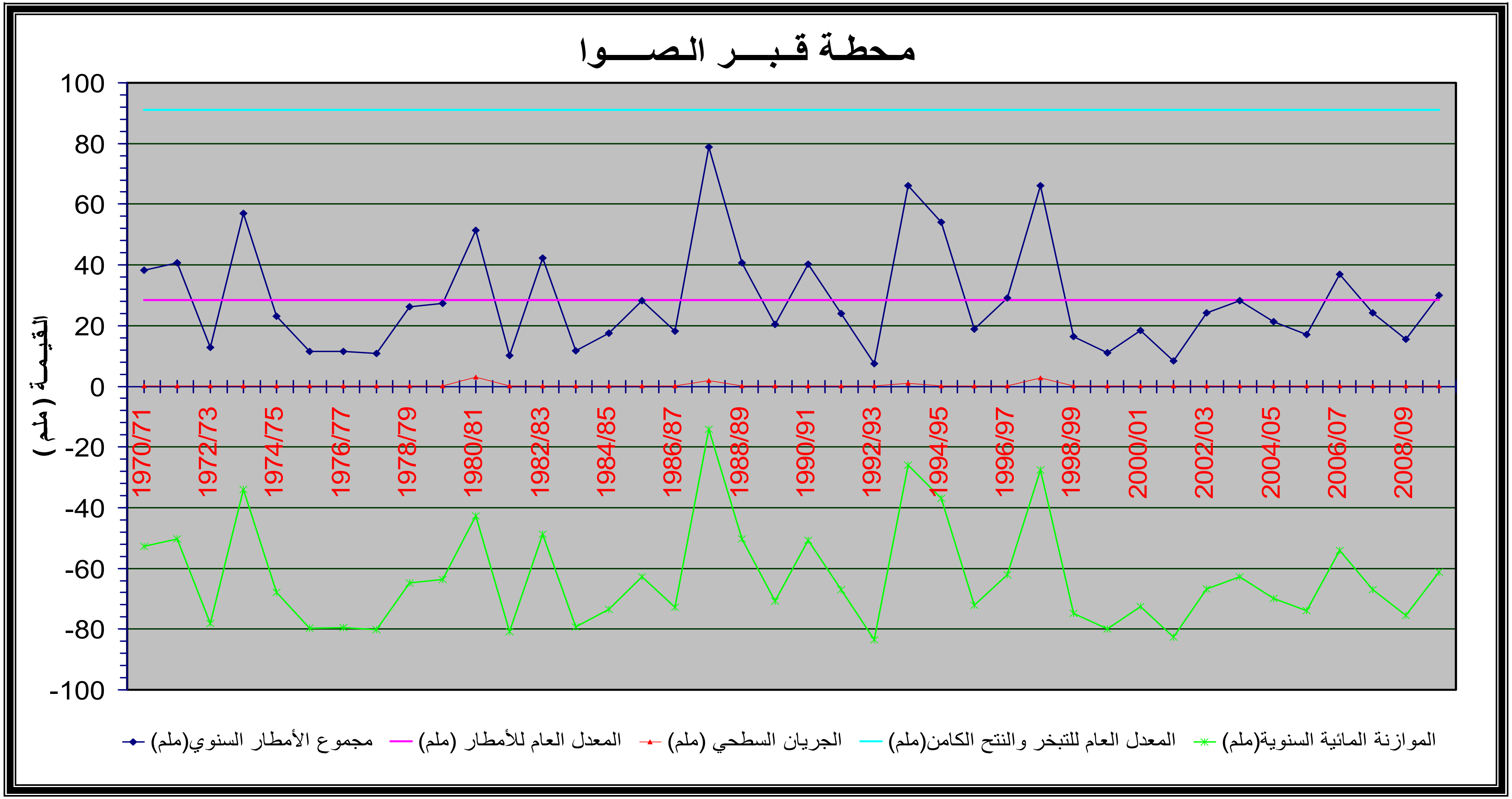
الشكل (83) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة القويرين للفترة (1970-2010م)



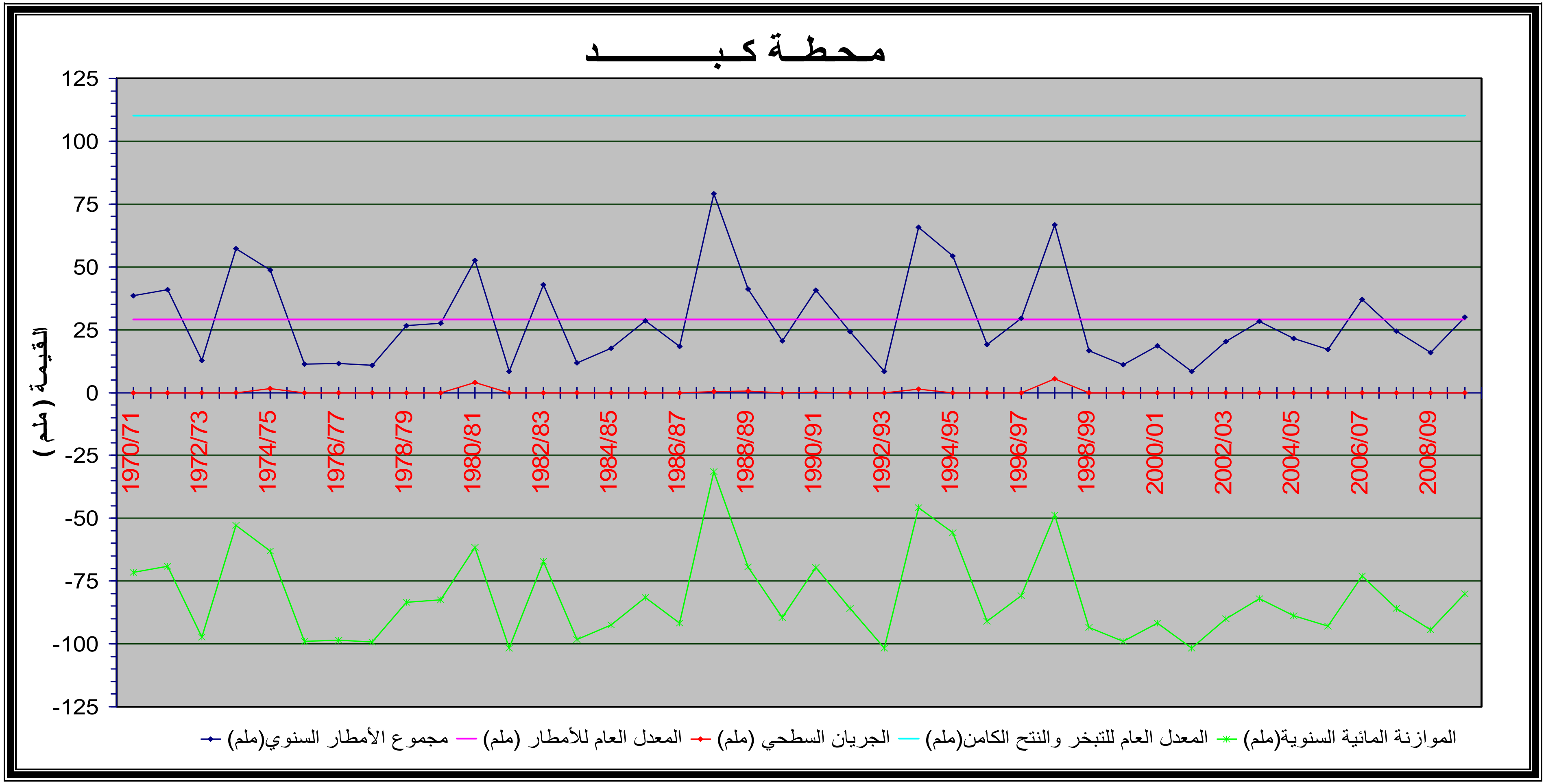
الشكل (84) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة جبل البتراء للفترة (1970-2010م)



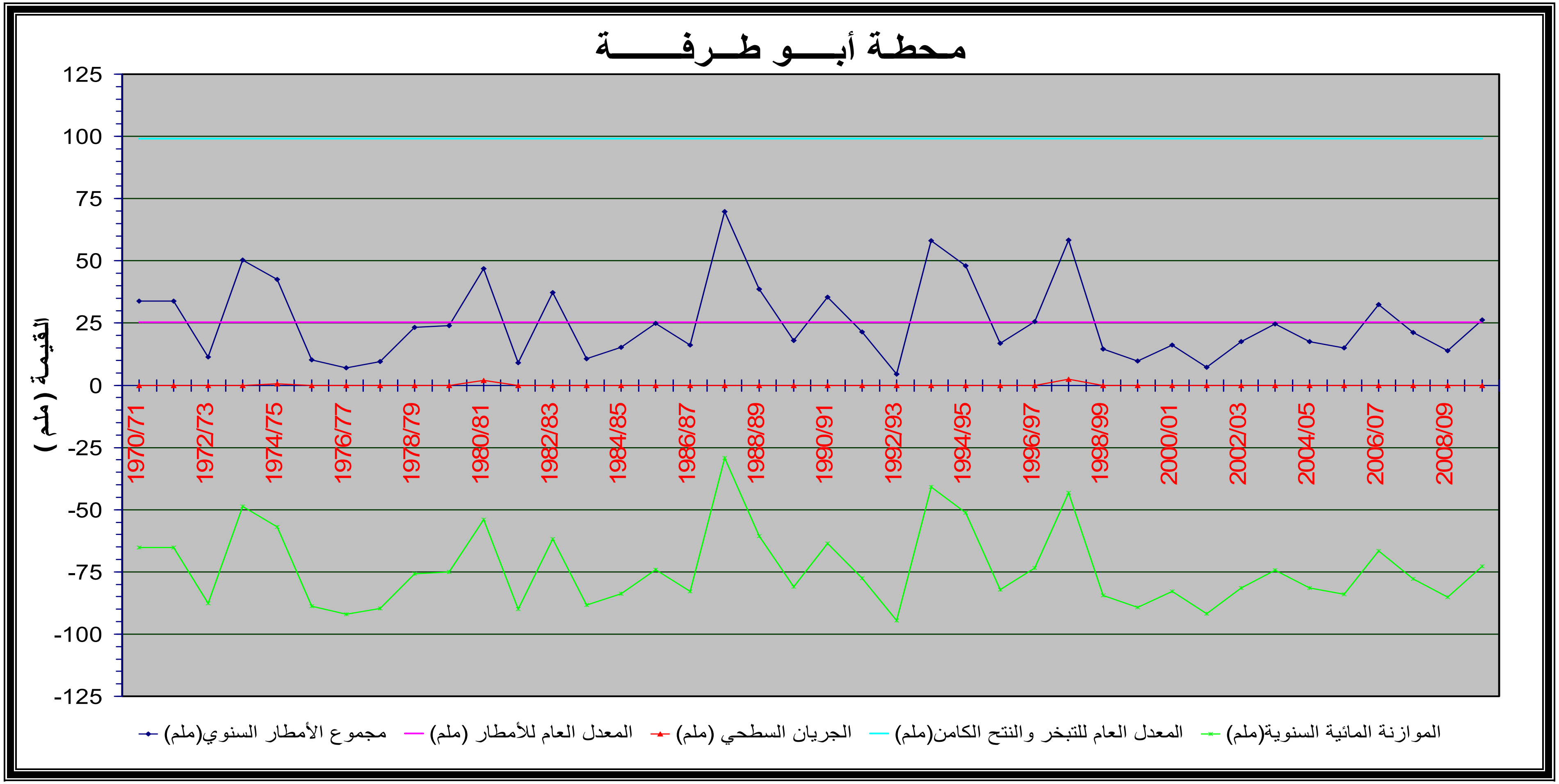
الشكل (85) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة جبل قزيمة للفترة (1970-2010م)



الشكل (86) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة قبر الصوا للفترة (1970-2010م)



الشكل (87) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة كـبد للفترة (1970-2010م)



الشكل (88) النتائج السنوية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) في محطة أبو طرفة للفترة (1970-2010م)

ويتضح من خلال تحليل الأشكال (76-88) وجود تباين واضح في المعدل العام للامطار ، الجريان السطحي، مجموع الأمطار في كل سنة والموازنة المائية السنوية (Annual Water Budget) . فمثلا نلاحظ في محطة أبو طرفة العجز المائي السنوي الدائم حيث يرتفع معدل التبخر الكامن السنوي حوالي 100ملم ، والمعدل السنوي المنخفض للامطار حوالي 25 ملم ، ولم يحدث الجريان المائي في هذا المنطقة الا مرتين طوال فترة الدراسة الأول في 1980/12/26م حيث بلغ مجموع الامطار 29.2 ملم ، وفي يوم 1997/10/18م حيث بلغ مجموع الأمطار31 ملم ، كما بلغ مجموع الجريان السطحي في كلتا الحالتين 1.9 ملم و2.4ملم على التوالي ، الشكل (88)، وهذا ما ينطبق على محطة قبر الصوا حيث العجز المائي الناتج عن انخفاض المعدل السنوي للامطار حوالي 28.4 ملم ، وارتفاع معدلات التبخر حوالي 91 ملم سنويا أما جريان الفيضان فلم يتكرر الا ثلاث مرات أولاها في 1980/12/26م حيث بلغ مجموع الهطول المطري 33.1 ملم وعمق الجريان 3 ملم ، كذلك خلال الفترة 3-1988/3/6 م حيث بلغ مجموع الامطار 34.6ملم في حين بلغ عمق الجريان 1.2ملم ، أما آخرها فكان في 1997/10/18م والذي بلغ فيه مجموع الأمطار الهاطلة 35.2 ملم رافقها جريانا بمقدار 2.8 ملم ، الشكل (86) .

واذا ما اخذنا محطات اكثر رطوبة كمحطة جبل البتراء فقد بلغ معدل الامطار العام 70 ملم خلال الفترة (1970-2010م) وكان هناك تباين في هذا المعدل من عام لاخر حيث بلغت اقصاها خلال الموسم المطري1988/1987م حوالي188.1 ملم ، وادناها خلال الموسم المطري 1978/1977م حوالي 25.6 ملم ، كما بلغ المعدل العام للتبخر خلال نفس الفترة حوالي 95 ملم ، كما كان هناك فائضا في الموازنة المائية في بعض المواسم اقترن بارتفاع كميات الهطول المطري وبالتالي حدوث جريانا سطحيا ، حيث بلغ عدد الفيضانات خلال الفترة (1970-2010م) ستة فيضانات زادت فيها كمية الجريان السطحي عن 6ملم ، بالاضافة الى عدد كبير من الايام التي رافقها جريانا غير مفيدا ، الشكل (84) .

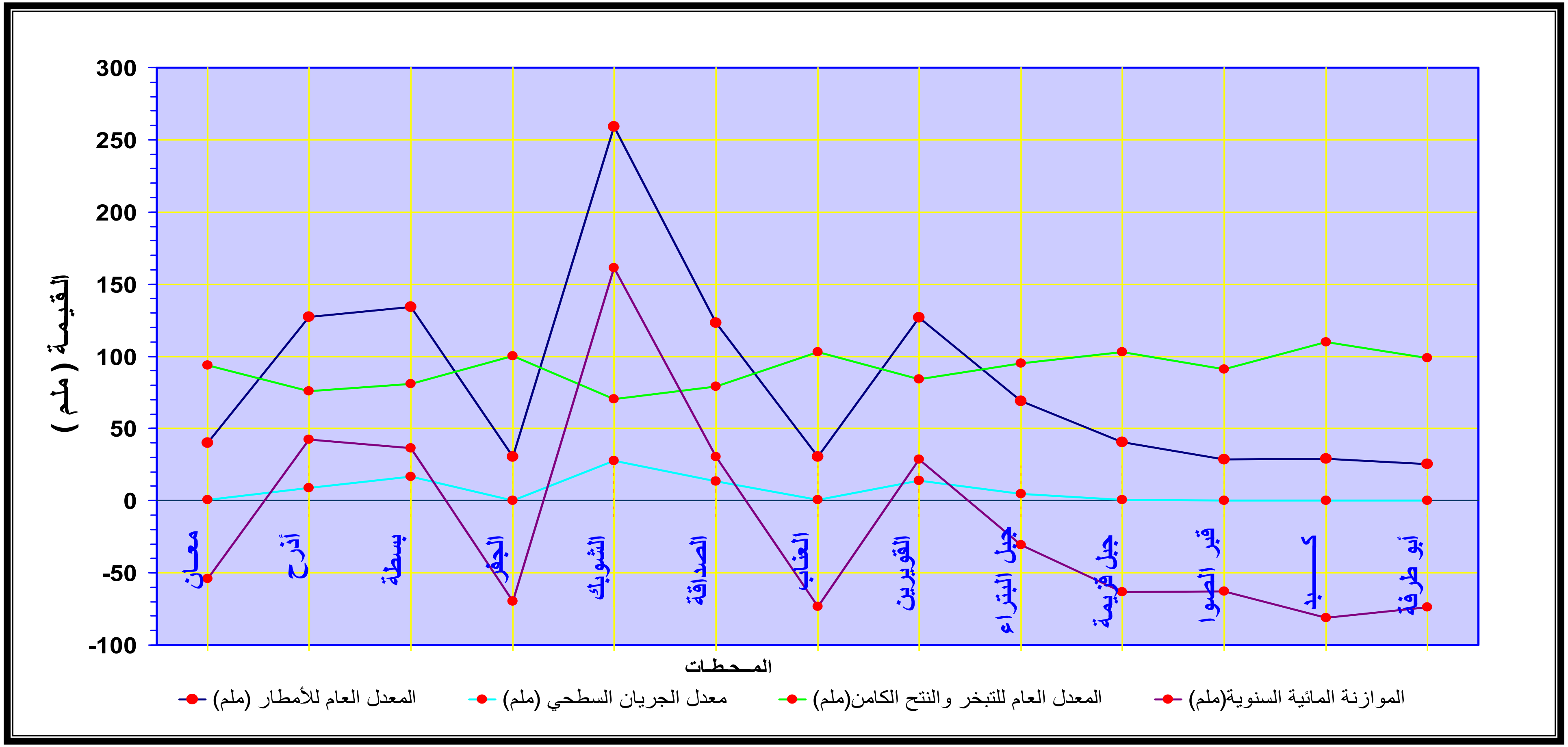
أما بالنسبة للمحطات التي يرتفع فيها معدل الامطار السنوي عن 100 ملم فنجد أن مقدار الجريان السطحي فيها اكثر فائدة ، فعلى سبيل المثال نلاحظ في محطة أذرح والتي يبلغ فيها المعدل السنوي للامطار 127.3ملم خلال الفترة 1970-2010م ، والمعدل العام للتبخر 75.8 ملم وجود فائضا في الموازنة المائية في معظم السنوات باستثناء بعض سنوات الجفاف كالمواسم المطرية 76/75م، 84/83م،90/89م،2000/99م،2001/2000م و المواسم 2003/2002م-2007/2006م وموسم 2008م/2009م ، حيث كان ذلك مؤشرا ايجابيا لحدوث الجريان السطحي وتكرارة ، الشكل (77) ، وهذا ينطبق على المحطات التي تدور في الفلك السنوي لمعدل الامطار في أذرح كمحطات البسطة ، الصداقة و القويرين ، الاشكال (77،80،82) على التوالي.

وهنا لا بد من الاشاره الى نتيجة غاية في الاهمية تتضح بالنظر الى الاشكال (76-88) السابقة وهي تزايد العجز المائي من عام 2000-2010م بشكل عام وتناقص معدلات الامطار وبالتالي تناقص معدل الجريان السطحي ، وهذا يتطلب من صناع القرار الوقوف عند هذه النتيجة والبحث مليا فيها .

أخيرا تعتبر محطة الشوبك الاكثر رطوبة وفائضا في الموازنة المائية حيث يبلغ المعدل السنوي لهطول الامطار خلال الفترة (1970-2010م) حوالي 259 ملم ، حيث وصل مجموع الامطار الهاطلة اقصى حدا له في موسم مطري واحد 468.2 ملم في الموسم المطري 1991/1990م ، اما ادنى حد فقد كان في الموسم المطري 2009/2008م حوالي 80.5 ملم ، كما يبلغ المعدل العام للتبخر حوالي 70.2ملم ، ويتكرر حدوث الفيضانات باستمرار تبعا لتزايد كمية الامطار وتناقص معدلات التبخر ، الشكل (80) .

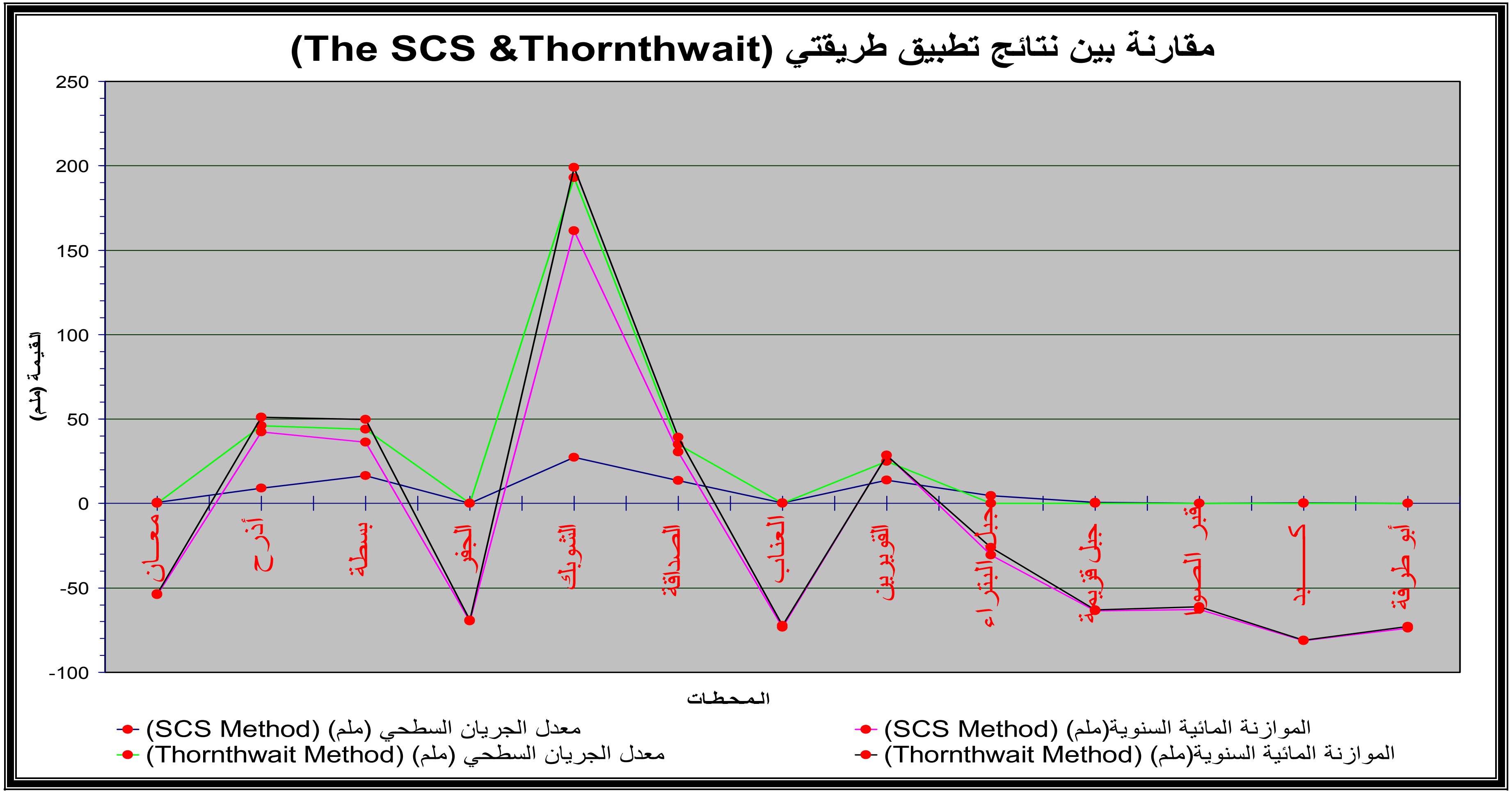
ويمكننا الحصول على صورة أكثر وضوحا من خلال مقارنة الموازنة المائية ، معدلات الجريان السطحي ، المعدل العام للامطار والمعدل العام للتبخر والنتح الكامن لجميع المحطات في منطقة الدراسة خلال الفترة (1970-2010م) باستثناء محطة معان للفترة (1940-2010م) ، الشكل (89) ، حيث يبين هذا الشكل التباين الواضح بين المحطات في حوض الجفر من حيث هذه المعدلات،حيث يتضح وجود فائضا في الموازنة المائية في محطات الشوبك ، أذرح ، البسطة ، القويرين والصداقة حيث بلغ المعدل السنوي للموازنة المائية خلال الفترة (1970-2010م) (161.4ملم،42.5ملم،36.4ملم،28.7ملم و30.5ملم) على التولي في حين تعاني بقية المحطات من عجزا مائيا سنويا حيث يتراوح معدل العجز المائي السنوي ما بين -73.7ملم في محطة أبو طرفة و -30.5ملم في محطة جبل البتراء ، أما اذا ماتعلق الأمر بمعدل الجريان السطحي فنجده يتراوح مابين 0.1 ملم في محطة أبو طرفة و27.4ملم في محطة الشوبك ، ويتراوح المعدل السنوي للتبخر الكامن ما بين 70.2 ملم في محطة الشوبك و110.1 ملم في محطة كبد ، وبالنسبة للمعدل العام للامطار فيتراوح مابين 25.4ملم في محطة أبو طرفة و 259.1ملم في محطة الشوبك ، الشكل (89) .

وهذا يقدم لنا مؤشرا في وجود علاقة موجبة ما بين الارتفاع في معدلات الامطار، انخفاض معدل التبخر والفائض في الموازنة المائية وبالتالي حدوث الجريان السطحي من ناحية ، وامكانية تقييم احتمالية الحصاد المائي في منطقة الدراسة واختيارأنسب المواقع لمشاريع الحصاد المائي من ناحية أخرى .



الشكل (89)المقارنة بين المعدلات السنوية لنتائج تطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) لجميع محطات منطقة الدراسة للفترة (1970-2010م)

ووجد الباحث عدم وجود تناقض ما بين النتائج التي تم التوصل اليها من خلال تطبيق معادلة (T&M,1955,1957) في حساب الموازنة المائية وتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS-CN) ، حيث تبين وجود تقارب الى حد كبير ، الشكل (90) .



الشكل (90)المقارنة بين نتائج تطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) ونموذج (TM) لجميع محطات منطقة الدراسة للفترة (1970-2010م)

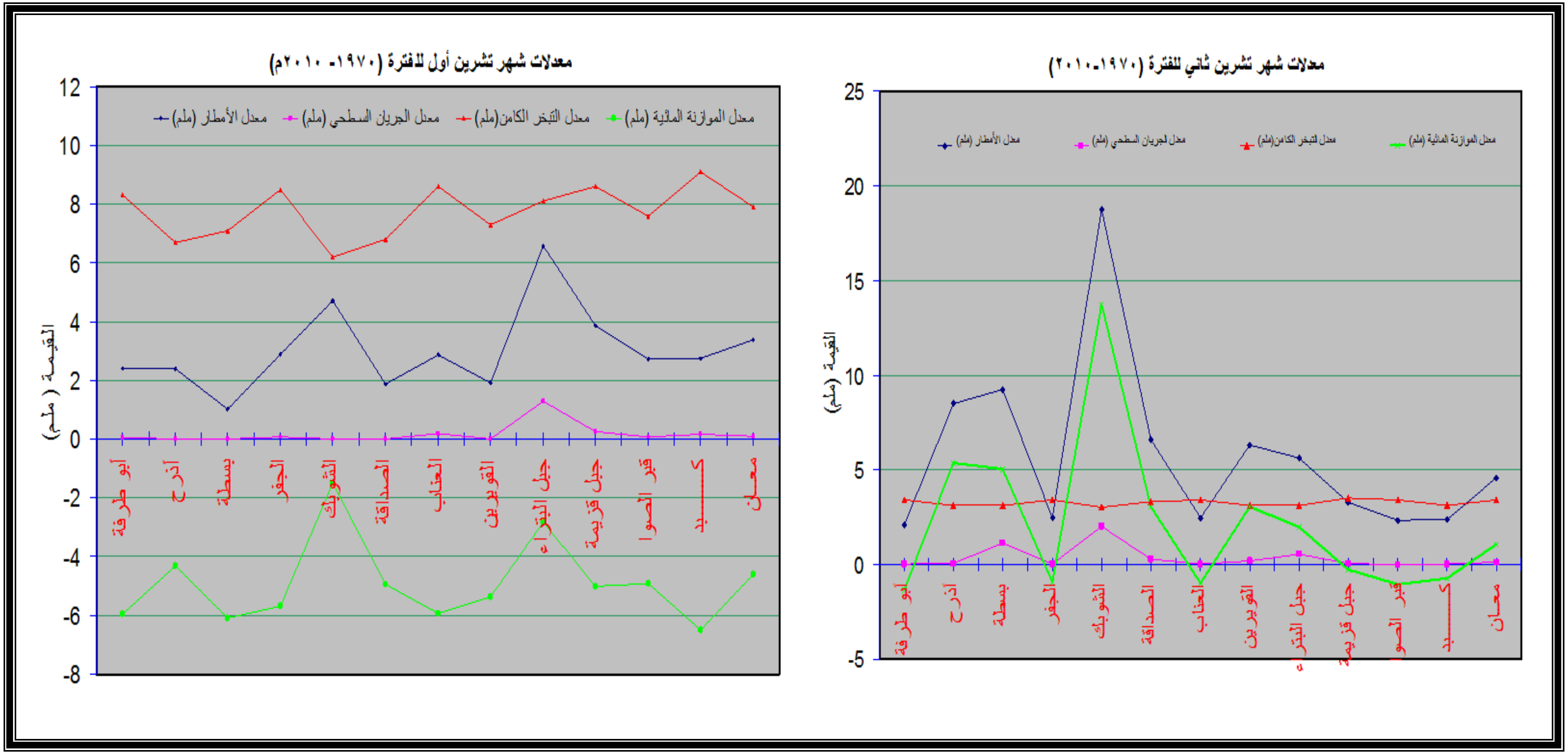
كما يتضح من من خلال تحليل الاشكال (91-94) وجود منحنى تصاعدي ابتداءا من شهر تشرين أول وحتى شهر شباط ومن ثم يبدأ هذا المنحنى بالتراجع من شهر آذار وحتى شهر ايار اذا ما تعلق الامر بكميات الامطار،الموازنة المائية و الجريان السطحي ، و نرى الصورة مغايرة اذا ما تعلق الامر بالتبخر الكامن ، حيث نلاحظ العجز في الموازنة المائية لجميع المحطات في شهر تشرين أول نظرا لانخفاض معدلات الامطار مع بداية الموسم المطري في الاردن وارتفاع معدلات التبخر،كذلك انخفاض معدلات الجريان السطحي نظرا لقلة كميات التساقط المطري وجفاف التربة خلال موسم الصيف الطويل باستثناء بعض العواصف الضحلة والمرتبطة بحالات عدم الاستقرار الجوي حيث بلغ أعلى معدل جريان سطحي خلال شهر تشرين أول في محطة جبل البتراء حوالي 1.3ملم ، أما في شهر تشرين ثاني فتبدأ الموازنة المائية بالتاثر الايجابي الناتج عن تزايد كميات الامطار وانخفاض معدلات التبخرعن الشهر السابق وبدء حدوث جريانا سطحيا وخاصة في المحطات الاكثر رطوبة كمحطة الشوبك ، بسطة وجبل البتراء حيث بلغ معدل الجريان السطحي لهذه المحطات في شهر تشرين ثاني (2ملم ، 1.1 ملم و0.5 ملم) على التوالي ، الشكل (91) .

ومع دخول فصل الشتاء وتزايد معدلات التساقط المطري نلاحظ وجود موازنة مائية موجبة في جميع المحطات ، فنلاحظ في شهر كانون أول ان معدل الموازنة المائية على سبيل المثال لا للحصرفي الشوبك 42.3ملم مع معدل جريان سطحي 5.4 ملم ، محطة بسطة 20.4ملم مع معدل جريان سطحي 3.1 ملم ، محطة الصداقة 19.2ملم مع معدل جريان سطحي 3.6 ملم وفي محطة قبر الصوا بلغ معدل الموازنة المائية خلال شهر كانون أول 2.5ملم مع معدل جريان سطحي 0.1 ملم ، الشكل (92) .

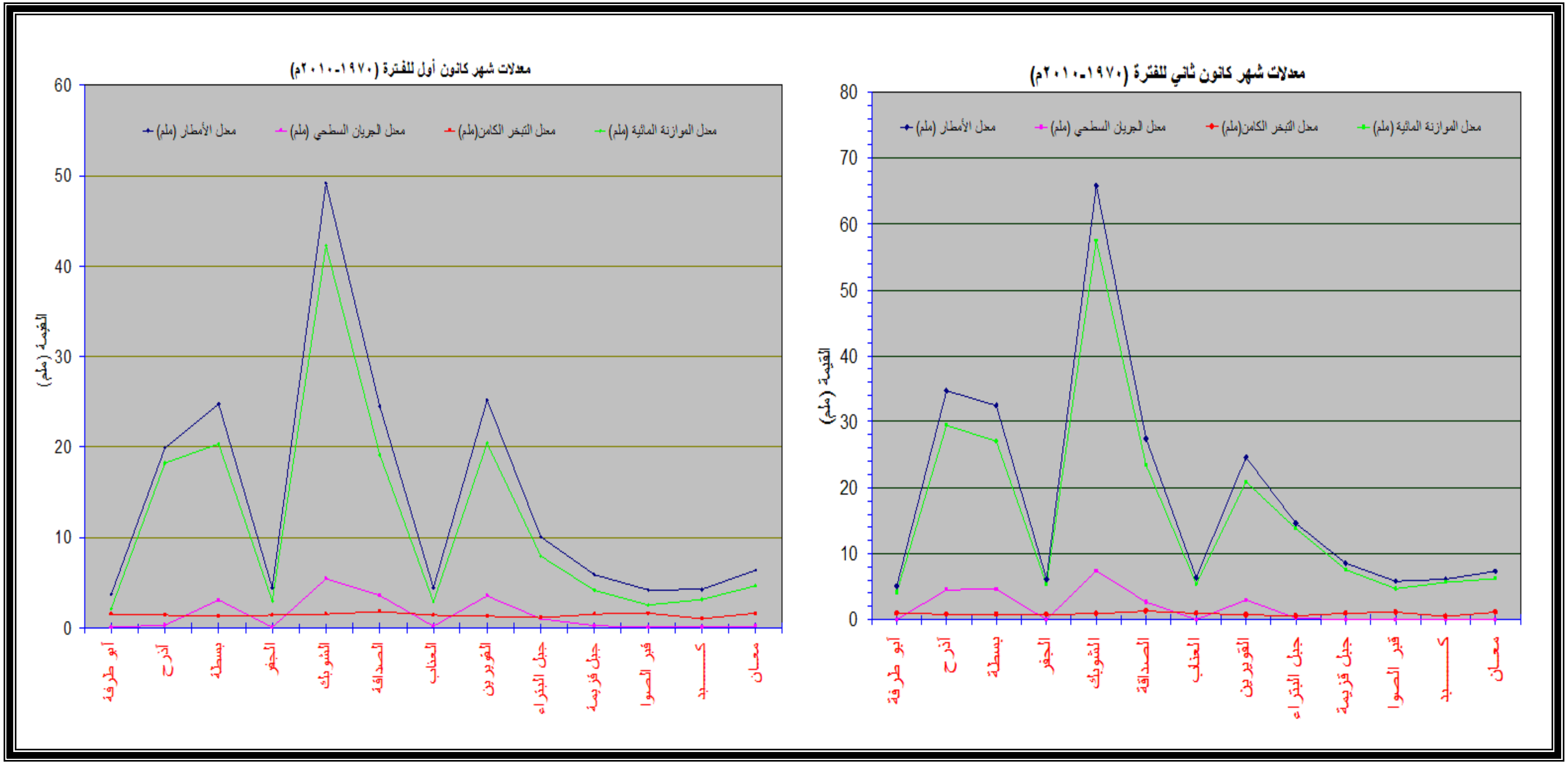
وبالنظر الى شهر كانون ثاني نجد ارتفاع معدل الموازنة المائية وبالتالي معدل الجريان السطحي لبعض المحطات فمثلا ارتفع معدل الموازنة المائية في محطة الشوبك الى 57.5 ملم مع معدل جريان 7.4 ملم ، محطة أذرح الى 29.4ملم مع معدل جريان 4.5 ملم ، و محطة معان بلغ معدل الموازنة المائية 6.3ملم ولكن لم يرافقة اي جريان سطحي ، الشكل (92) .

وفي شهر شباط انخفض معدل الموازنة المائية الى 51.4ملم في محطة معان كما انخفض معدل الجريان السطحي الى 5.6 ملم ، محطة أذرح انخفض معدل الموازنة المائية الى 25.7 ملم ومعدل الجريان السطحي الى 0.5 ملم ، أما محطة الجفر فقد بلغ معدل الموازنة المائية 6.4 ملم ومعدل الجرين السطحي 0.1 ملم ،الشكل (93). ومن ثم نجد استمرارية في انخفاض معدل الموازنة المائية ومعدل الجريان السطحي مع انخفاض معدلات الامطار وارتفاع معدلات التبخر حتى شهر أيار حيث الموازنة المائية السالبة لجميع المحطات ، معدلات تبخر مرتفعة ومعدلات

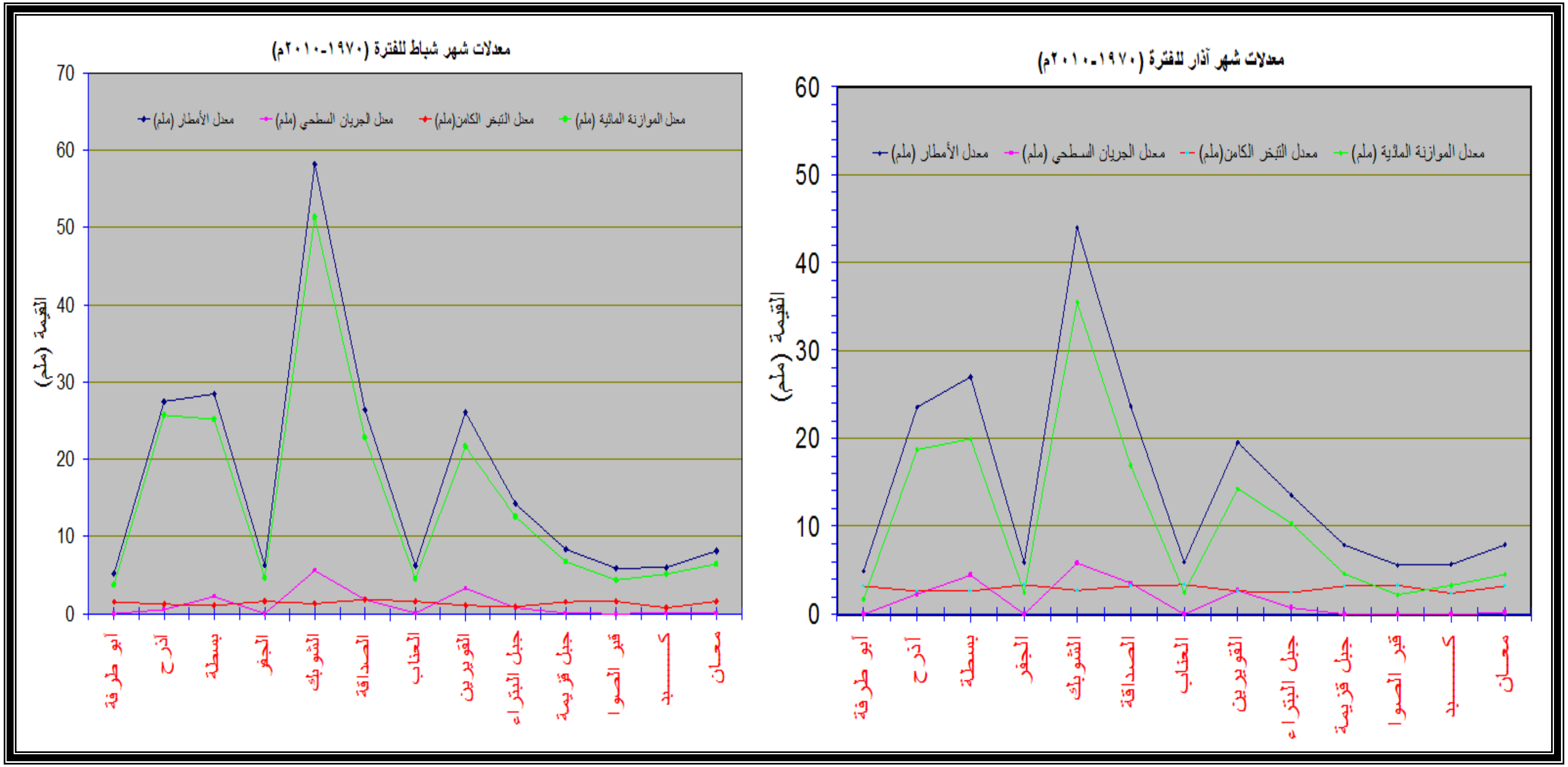
أمطار متدنية مع اقتراب فصل الصيف وبالتالي جريانا مائيا غير مفيدا ان وجد ، الشكل (94) . وهنا يجب التاكيد على اهمية استغلال الفائض في الموازنة المائية خلال فصل الشتاء بشكل مباشر حيث يتضح وجود موازنة مائية موجبة لجميع المحطات من شهر كانون أول وحتى نهاية آذار اذ يجب اخذ هذه النقطة بعين الاعتبار بسبب انخفاض الفاقد المائي وبالتالي أهمية ذلك في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر .



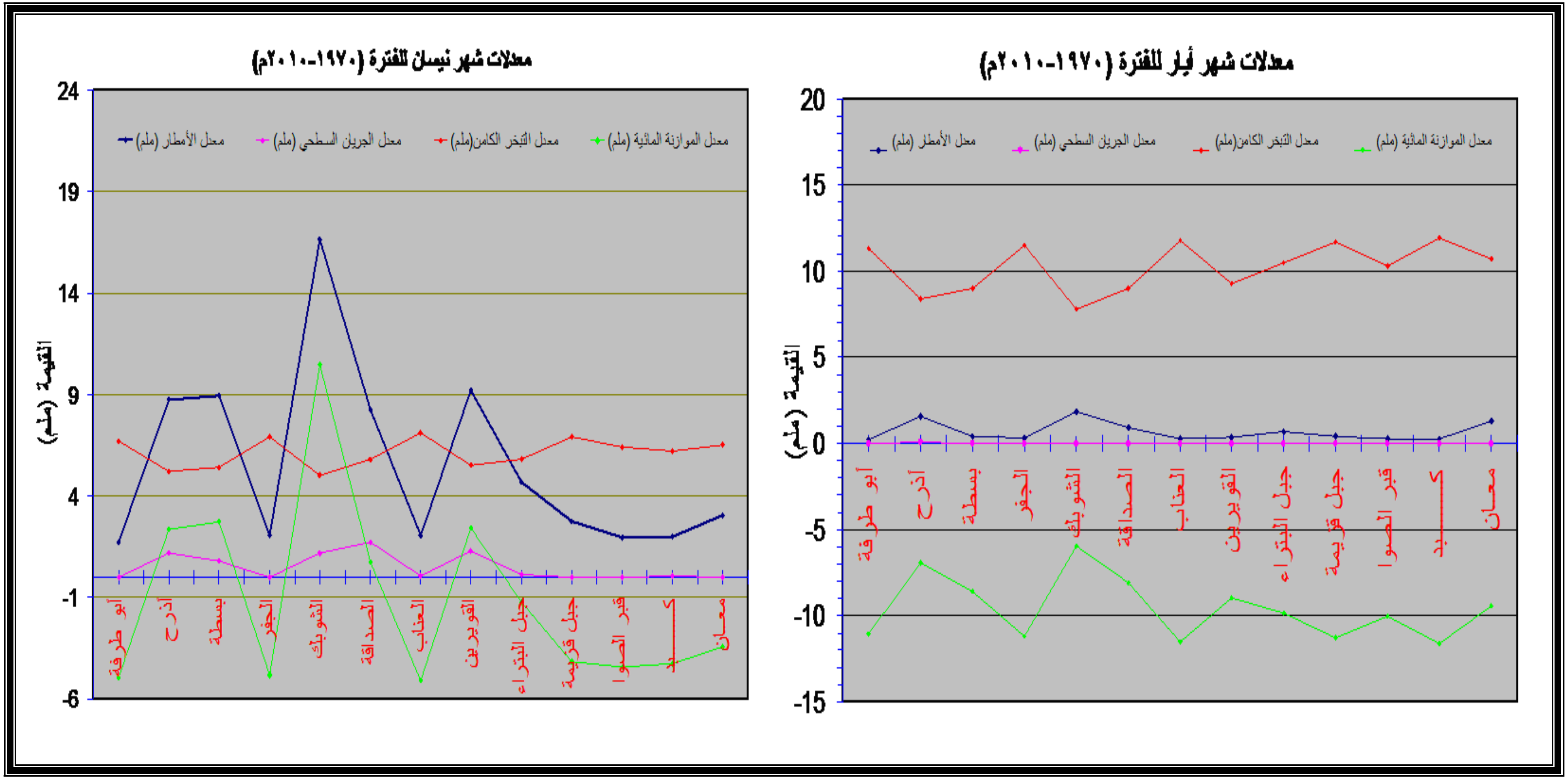
الشكل (91) نتائج تطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) لشهري تشرين أول وتشرين ثاني للفترة (1970-2010م)



الشكل (92) نتائج تطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) لشهري كانون أول وكانون ثاني للفترة (1970-2010م)

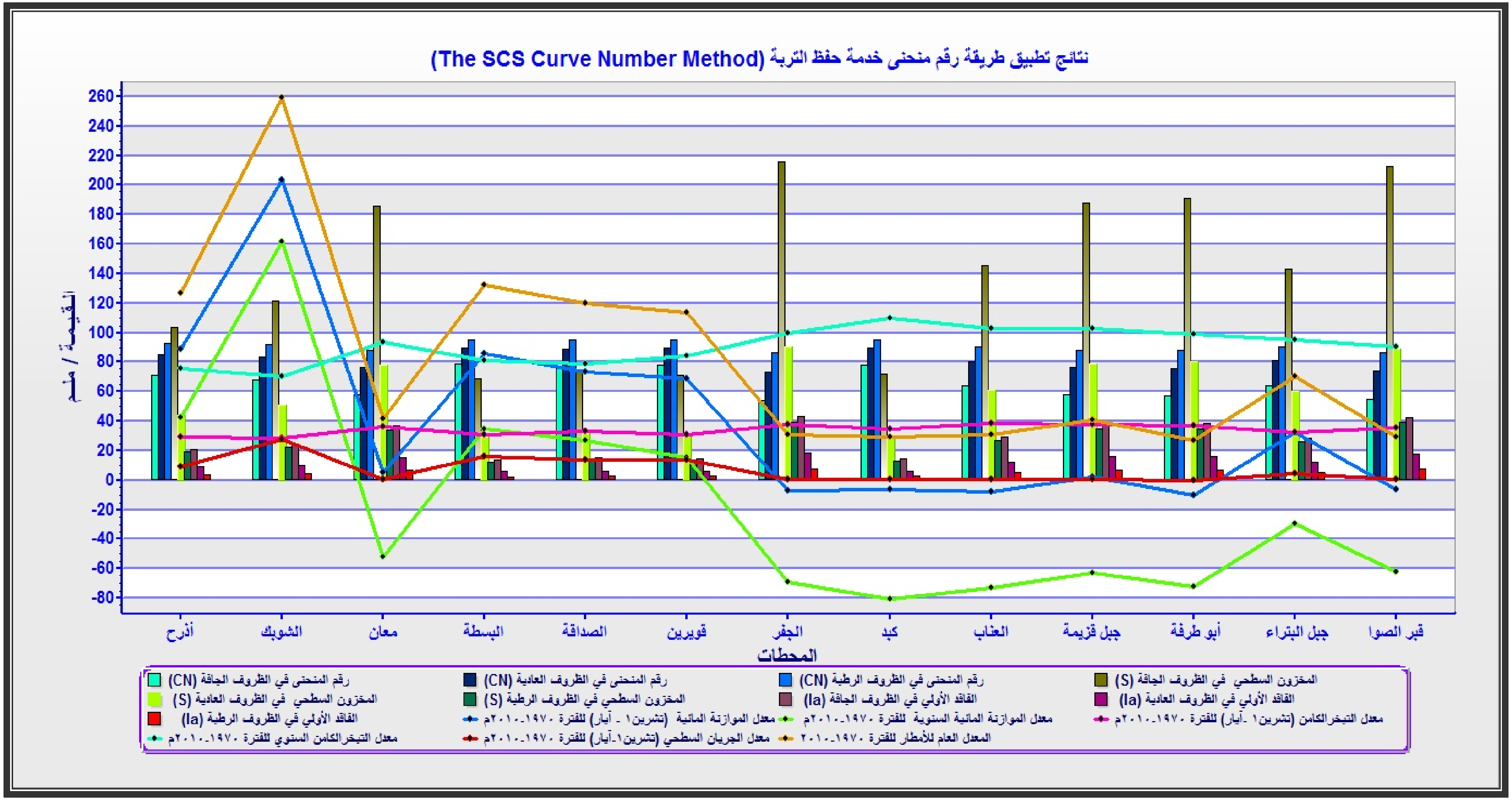


الشكل (93) نتائج تطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) لشهري شباط وآذار للفترة (1970-2010م)*



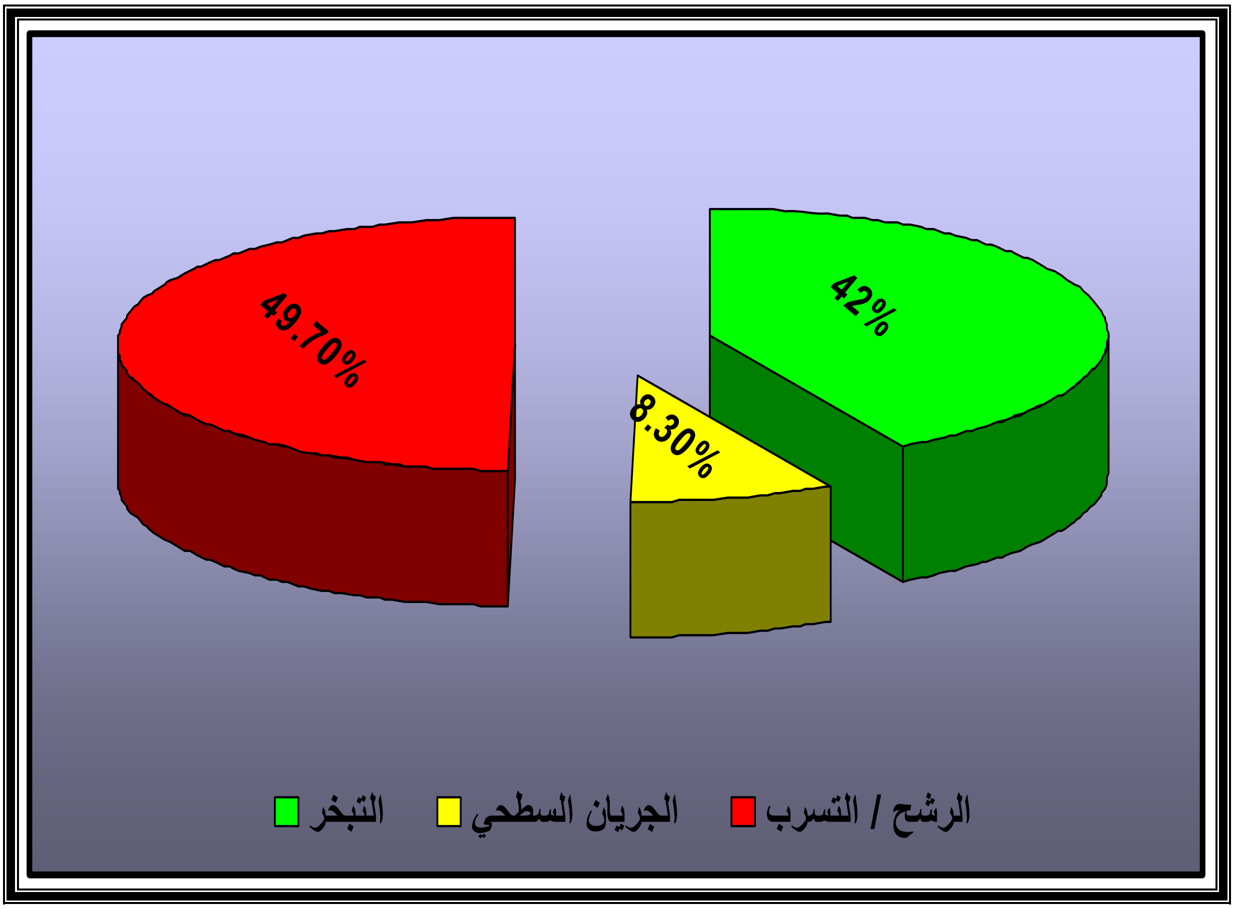
الشكل (94) نتائج تطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) لشهري نيسان وأيار للفترة (1970-2010م)

أخيرا يمكن توضيح النتائج النهائية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة التربة ، الشكل (95). والذي يبين العلاقة بين رقم المنحنى (CN) في الظروف الجافة والعادية والرطبة وكلا من المخزون المائي السطحي (S) في الظروف الجافة والعادية والرطبة والفاقد الأولي (Ia) في الظروف الجافة والعادية والرطبة وارتباط ذلك بالمعدل العام للامطار ودوره في تحديد رطوبة التربة وانعكاس ذلك على الموازنة المائية والخلاصة الجريان المائي السطحي في ظل ظروف الرطوبة الثلاث (AMCI,AMCII,AMCIII)،فكلما ازدادت معدلات الامطار السنوية زاد الفائض المائي وزادت رطوبة التربة ، وترتفع قيمة رقم المنحنى في الظروف الرطبة وتقل في الظروف الجافة ، وكلما قلت قيمة رقم المنحنى (CN) ازدادت قيمة المخزون السطحي (S) لرطوبة التربة وازدادت تبعا لذلك قيمة الفاقد الأولي (Ia) وبالتالي يؤدي ارتفاع كلا من قيمة المخزون السطحي و الفاقد الأولي الى انخفاض معدل الجريان السطحي والعكس صحيح .



الشكل (95) النتائج النهائية لتطبيق طريقة رقم منحنى خدمة حفظ التربة (SCS) للفترة (1970-2010م)

كما يمكن تحديد نتائج حساب الموازنة المائية في منطقة الدراسة (حوض الجفر السطحي داخل الأردن) ، الشكل (96) .



الشكل (95) الموازنة المائية في حوض الجفر

الفصل السادس

الحصاد المائي

1:6 المقدمة

2:6 ماهية الحصاد المائي

3:6 الاعتبارات البيئية التي يجب مراعاتها عند اختيار موقع مشروع الحصاد المائي

4:6 خصائص الأودية في حوض الجفر ومدى ملائمتها للحصاد المائي

5:6 تأثير التغير المناخي على الجريان السطحي

6:6 طرق الحصاد المائي

7:6 فوائد الحصاد المائي

1:6 المقدمة :

يعتبر الأردن من الدول التي تعاني من ندرة مائية مزمنة اذ بلغ نصيب الفرد عام 2007م حوالي 140م3 من المياه نتيجة وقوع الأردن ضمن المنطقة ذات الاقليم المناخي الجاف إلى شبه الجاف، كذلك نتيجة تزايد الطلب على المياه، (Abdel Khaleq,2008)، كما يبلغ معدل النمو السكاني السنوي (2.2 – 2.5%)، كما يزيد عدد السكان عن 6.5 مليون ، بالاضافة لتأثر الاردن المستمر بالهجرة من الدول المجاورة غير المستقرة سياسياً فعلى سبيل المثال هاجر إلى الأردن منذ عام 2003 حوالي 2 مليون من العراق فقط ، (Hayek, 2009) بالاضافة الى أكثر من نصف مليون سوري دخلو الأردن منذ عام 2011م.

كما يعتبر الأردن من أفقر دول العالم من حيث وفرة المصادر المائية حيث يصنف الأردن كرابع أفقر دولة في العالم من حيث الموارد المائية المتاحة، ويعتمد الأردن في تلبية إحتياجاته من المياه على مياه الأمطار لتغذية المياه السطحية والجوفية على حد سواء، وقد أدت الزيادة في النمو السكاني الطبيعي ، الهجرات القسرية المتعاقبة على الأردن والنمو الاقتصادي والزراعي إلى زيادة الطلب على المياه ، حيث وصل الطلب على المياه عام 2011م حوالي 1100 مليون متر مكعب في حين ان الموارد المائية الآمنة المتوفرة تقدر بحوالي 800 مليون متر مكعب . ومن المتوقع أن يزداد الطلب على المياه ليصل إلى حوالي1400 مليون متر مكعب بحلول عام2020م ،(وزارة المياه والري الاردنية ،2013م) .

وتشير تقديرات الموارد المائية المتجددة المختلفة و المبنية على حساب الموازنة المائية طويلة الأمد (The long-term water Budget) إلى أن 91.8% من مياه الأمطار الكلية في الاردن تتعرض للتبخر، وأن حوالي 4.8% تتسرب إلى باطن الأرض لتغذية المياه الجوفية، وحوالي 3.4% تظهر كجريان سطحي ، (MWI-GTZ, 2005) .

أما المصادر المائية الأخرى في الأردن فتتألف من المياه السطحية الصالحة للاستعمالات المختلفة، مصادر المياه الجوفية ذات الاستخراج الآمن (Safe yield)، ومياه الصرف الصحي المعالجة (Treated Waste Water)، بالإضافة إلى مصادر المياه الجوفية غير المتجددة (Fossil Ground Water)، والمياه الجوفية المحلاة (Desalinated Ground Water)، (Hayek, 2009).

2:6 ماهية الحصاد المائي :

تستند فكرة حصاد مياه الامطارعلى الاستفادة من مياه الجريان السطحي ، حيث يتطب ذلك توفر مساحات مولدة للجريان ومناطق أخرى لتركيز الجريان وتخزينة ، أي اعطاء جزء من الأرض كمية من مياه الأمطار أخذت أو حرمت من نصيب جزء آخر وركزت في مساحة اصغر كي تزيد من كمية المياه المتجمعة بحيث تكفي الاحتياجات المائية للنبات أو المحصول المزروع ، (Oweis et . al .,1999) . كما يعبرعن حصاد مياه الأمطار بالعملية التي يتم من خلالها جمع وحفظ الجريان السطحي لمياه الامطار في مشاريع أو منشآت صناعية مثل البرك ، الحفائر والسدود ليتم فيما بعد استخدامها لأغراض ري المزروعات وسقاية الحيوانات وفي بعض الاستخدامات البشرية خلال مواسم الجفاف قبل أن تعود هذه المياه لتدخل كجزء من الدورة الهيدرولوجية ، وتنفذ هذه المشاريع في المناطق الصحراوية الرعوية التي تتميز بشح المياه ، (الأنصاري ، 2005) .

كما يطلق مصطلح الحصاد المائي على أي عملية مورفولوجية أو كيميائية أو فيزيائية تنفذ على الأرض من أجل الاستفادة من مياه الأمطار،سواءا بطريقة مباشرة عن طريق تمكين التربة في تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار الساقطة عليها وتخفيف سرعة الجريان الزائد عليها ، وبالتالي التقليل من انجراف التربة، أو بطريقة غير مباشرة بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف لاستخدامها لأغراض الري التكميلي للمحاصيل الزراعية أو للشرب أو لسقاية الحيوانات أو لتغذية المياه الجوفية ،(المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، 2002) .

وتتم عملية حصاد مياه الأمطار بصورة طبيعية عقب حدوث العواصف المطرية الشديدة، اذ تتدفق المياه نحو المناطق المنخفضة مشكلة مساحات مائية يتم استغلالها لغايات الزراعة ،كما تتم عملية حصاد المياه من خلال التدخل البشري في تحريض المياه ، ومن ثم يصار الى جمعها وتوجيهها أو كليهما معا من أجل استخدامها في منطقة مستهدفة بالاضافة الى استخدام حصاد المياه لأغراض زراعية ، ويمكن تطوير هذه الوسائل لتزويد الانسان والحيوان بمياه الشرب ، بالاضافة الى استخدامها لاغراض منزلية وبيئية ، (Oweis et al.,2004) .

وتختلف عملية الحصاد المائي من موقع جغرافي لآخر حسب خصائص التربة الطبيعية ، معدل وكثافة هطول الأمطار ، استخدامات الأراضي ، انحدار السطح ودرجات الميل ، عمق ونوعية التربه وأثرها في تحديد اتجاه وحجم هذه الأعمال ونوع التقنية المراد انشائها ، (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، 2002) . و تطبق تقانات الحصاد المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تشح الأمطار وتكون غير كافية عموما لانتاج محصول ما أو لنمو المراعي ، ونظرا

للتوزع غير المنتظم للامطار خلال موسم الهطول المطري ، وتباين العواصف المطرية من فترة لأخرى أو هطول الامطار خلال الأوقات غير الملائمة لنمو المراعي والنبات تزداد مخاطر فشل المحصول أو تصبح فرص عدم نموه عالية جدا ، ويمكن العمل على زيادة انتاجية النباتات في بيئات المناطق القاحلة باستخدام تقانات الحصاد المائي أي عن طريق زيادة جريانها السطحي وتجميعها وتخزينها في أجزاء معينة ،(Prinz,1996) .

كما مورست الأشكال المختلفة لحصاد مياه الأمطار خلال العقود المختلفة من خلال تحويل مياه الفيضانات من الاودية المائية الجافة بشكل طبيعي نحو الأراضي الزراعية و يعتبر المثال السائد في الشرق الأوسط الأكثر بدائية ، حيث طبقت تاريخيا في منطقة غرب أسيا وشمال افريقيا أولى الطرق الزراعية التي استخدمت فيها تقانات حصاد مياه الامطار والجريان السطحي بشكل كبير ، ووجد أول نظام موثق وكامل للحصاد المائي في صحراء النقب يعود بناءه الى 4000 ق.م ، لذا فان أهمية هذه المنطقة في تنمية تقانات الحصاد المائي تعتبر غير قابلة للجدل ، (Evenari et al.,1971). وبالتالي يعتبر حصاد مياه الأمطارفرصه هامة للمساهمة في الاستخدام العادل ، الفعال والمستدام للمصادر المائية من خلال التخفيف من الندرة المائية الزمانية والمكانية ، وتوفير المياه اللازمة للحاجات البشرية الأساسية ، (Kahinda et al ., 2007). كذلك التأكيد المستمر على الاعتبارات البيئية ، الاقتصادية والاجتماعية عند التخطيط وتنفيذ مشاريع حصاد مياه الأمطار لضمان الاستدامة ، (Arnold et al .,1986) . وتعتبر تقانات الحصاد المائي مرنة ويجب أن تبنى تبعا للظروف البيئية في المناطق المحددة أو المحلية ، (Bancy et al ., 2007).

3:6 الاعتبارات البيئية التي يجب مراعاتها عند اختيار موقع مشروع الحصاد المائي :

تؤدي إدارة وتطوير الحوض المائي إلى حفظ ، تجديد والاستعمال الرشيد للطبيعة (The Conservation, Regeneration and the Judicious Use of the Nature) (الأرض، الماء، النباتات والحيوانات) والإنسان ضمن النظام البيئي المشترك (الهيدرولوجيا الجيولوجية (Geological hydrological) ، المائي، البيئي) الذي يقع ضمن نظام التصريف المشترك .

وعلى مر السنين جاءت نظم إدارة الحوض المائي (Watershed Management) لوضع مبادئ عملية تنمية المناطق الريفية في المناطق الجافة وشبه الجافة من أجل تحقيق التنمية البيئية المستدامة لتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية، (Joy.et al, 2006) . وتعتبر الأحواض المائية نمط معقد (Complex Pattern) من النظم البيئية (الغابات، الأراضي الزراعية، الأراضي الرطبة، التربة، الجيولوجيا، النبات الطبيعي وغيرها)الذي يزود الإنسان بالغذاء، ويحسن من مستواه المعيشي، وبالتالي يجب مراعاة التكوين البيئي ضمن الحوض المائي عند

اختيار موقع المشروع المائي مع أقل تأثير على مكوناته مثل الغطاء النباتي الطبيعي كالمراعي والغابات، حيث يتوجب على صناع القرارالمحافظة عليها وعدم التسبب بأية مشاكل في الدورة البيئية لها من خلال الاختيار الأمثل والآمن . كما يجب المحافظة على المخزون المائي الجوفي وعدم تدميره، وهذا ينطبق على نوعية التربة وخصائصها ، أخيراً أن يحقق موقع مشروع الحصاد المائي الهدف من إنشائه وهو تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة مع المحافظة على جميع عناصر النظام البيئي الطبيعي ، ولا يمكن إهمال أهمية المحافظة على المواقع التراثية والحضارية عند اتخاذ القرار المكاني المتعلق بإقامة مشروع الحصاد المائي، وحددت (UNEP and SEI, 2009) أهمية الحصاد المائي في النقاط التالية :

1- المحافظة على النظم البيئية وتحسين حياة الإنسان باعتبار مياه الأمطار جزء أساسي من النظم البيئية ، حيث توفر مياه ذات نوعية جيدة للإنسان، وتحافظ على استدامة النظم البيئية والزراعية، ونتيجة لتزايد الطلب على المياه، بالإضافة لندرتها يتطلب هذا الامر التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي .

2- تطوير إنتاجية الأراضي الزراعية، وتحسين إنتاجية اللاندسكيب الأرضي (Landscape)، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة .

3- التقليل من خطر الفيضانات والتقليل من الضغط على مصادر المياه حول المناطق الحضرية .

4- يعتبر الحصاد المائي من الإجراءات العملية التي تأتي بفوائد محلية أساسية على النظم البيئية (Eco-Systems)، ومعيشة الإنسان .

أما في الأردن فقد تم البدء ببناء السدود الأرضية (Earth Dams) منذ عام (1964) من أجل تحسين المراعي (Pasture Improvement) هذا في المرحلة الأولى، أما في المرحلة النهائية فإن المساحة الكلية المعرضة للفيضان ستوفر (2500هكتار)، (AL-Labadi, 1994) . وفي عام 1972م ظهر المشروع المعروف بتطوير المرتفعات الأردني (Jordan High land Development Project) حيث تم البدء ببناء مشاريع الحصاد المائي المختلفة مثل (Rock Dams)، (Trapezoidal Bunds) and (Contour Stone Bunds)، (Earth Contour bunds) ، حيث استخدمت هذه المشاريع لزيادة رطوبة التربة حول الأشجار على الأراضي المنحدرة، كما قامت وزارة الزراعة الأردنية وبالتعاون مع (ACSAD) بين أعوام (1985-1988م)، بإقامة حافات ومدرجات كنتورية (Contour Terraces and Ridges) لتحسين الأراضي الرعوية في منطقة بلعما (Shatnawi, 1994) . وفي عام 1987 م قامت كلية الزراعة في الجامعة الأردنية ببناء سدود أرضية لحجز وخزن مياه الفيضان لأغراض الري لحوض بمساحة(70كم2)ومعدل الأمطار السنوية (150 ملم) ،(Oweis and Taimeh,1994). وبالتالي

فإن الغرض من التوسع في بناء مشاريع الحصاد المائي منذ البداية كان لأغراض توفير المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة لتطوير البادية الأردنية وزيادة إنتاجية المراعي، ولأغراض تحسين الوضع الزراعي في المناطق الجافة، ومع التزايد السكاني في الأردن أصبحت عملية التوسع في بناء مشاريع الحصاد المائي (السدود والحفائر) في الأردن ضرورة ملحة لتلبية الاحتياجات السكانية المتزايدة من المياه،كذلك لتوفير المياه اللازمة للقطاع الزراعي، وبالتالي فقد تزايدت أعداد مشاريع الحصاد المائي منذ بداية التسعينيات حتى الوقت الحاضر.

4:6 خصائص الأودية في حوض الجفر ومدى ملائمتها للحصاد المائي :

1- الانحدار الكبير نسبياً : تنحدر الأودية الصحراوية من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة بشكل سريع نسبياً مما يزيد من معدلات الجريان السطحي .

2- وجود العديد من القيعان الواسعة: حيث يؤدي وجود القيعان إلى فقدان مياه الفيضان عن طريق التبخر في حال تجمعت المياه فيها لذا يجب صيد المياه في الأودية قبل وصولها إلى القيعان .

3- مساحة الحوض: تتميز الأحواض الثانوية في منطقة الدراسة بكبر مساحتها وهذا يؤدي إلى ضياع المياه الجارية قبل وصولها المخارج الرئيسية، لذا يفضل إقامة مشاريع الحصاد المائي على الأودية الفرعية .

4- تعدد المجاري السفلية (الأودية الانتشارية): حيث تتميز الأودية بأنها تعمل على نشر مياه الفيضان بعد خروجها من منطقة تجمعها على العديد من الأودية، مما يؤدي إلى فقدان القسم الأكبر من هذه المياه، لذا يجب حصر هذه المياه وتجميعها في المناطق التي تضيق فيها الأودية وقبل نقطة الانتشار .

5- الفيضانات: تتميز فيضانات هذه الأودية بقصر ديمومتها وارتفاع الحد الأعلى لتصريفها وقت حدوث العاصفة المطرية، الأمر الذي يشجع على اصطيادها إما في سدوداً أو في حفائر صحراوية .

6- طول الأودية: تتميز الأودية في حوض الجفر بكبر طولها لذا فمن الأفضل اصطياد مياه الفيضان قبل ضياع المياه بالتبخرأو الرشح .

5:6 تأثير التغير المناخي على الجريان السطحي:

تتنبأ معظم النماذج المناخية العالمية (Global Climate Models (GCMs) بتزايد درجات الحرارة وانخفاض معدلات الأمطار السنوية في منطقة الشرق الأوسط، (IPCC, 2007) .كما تربط العديد من نماذج التنبؤات المناخية بين انخفاض معدلات الأمطار وانخفاض الأعاصير (Cyclones) التي يتعرض لها الأردن، (Black et al, 2011) .وبالتالي فإن نتائج التغيرات

التي تطرأ على الجريان السطحي تعكس نتائج أنظمة التساقط المطري، حيث تشير معظم نماذج المحاكاة المناخية الى وجود زيادة في معامل التباين أوالاختلاف (Coefficient of Variation) للأمطار السنوية، والذي يمكن التنبؤ به من خلال انخفاض عدد الأيام الماطرة (Smiatek et al, 2011, Lelieveld et al, 2012) ، كما تشير نتائج المحاكاة باستخدام نموذج (High Resolution Regional Climate Model) بمقارنة الأمطار للفترات (2040-2069م) و (2070-2099م) مع الفترة (1961-1991م) إلى وجود انخفاض بمقدار10% في الأجزاء الشرقية للبحر المتوسط ومنطقة الشرق الأوسط الأمر الذي سيترتب عليه انخفاض في الجريان السطحي، الجدول (32) ، كما سيترتب على ذلك آثار بيئية ، اقتصادية واجتماعية مختلفة وبالتالي انخفاض نصيب الفرد من المياه وخاصة إذا ما اقترن ذلك مع الزيادة السكانية الديناميكية في دولة مثل الأردن، (Chenoweth et al, 2011) .

الجدول (32) التغير في الجريان السطحي السنوي في الأردن

التغير في الأمطار (%)	التغير في الجريان السطحي السنوي في الأردن (%)	
	+ 1 ْم	+3.5 ْم
-20	-21.6 - -32.5	-24 - -60
-10	-13.2 - -40	-15.5 - -50
صفر	-1.2 – -10	-4.2 - -35
+10	+33 - +15	+11.1 - -30

(Chenoweth et al, 2011)

كما تشير نتائج تطبيق نموذجي (The Hadley Model and The MPI Model) إلى وجود زيادة في درجات الحرارة وانخفاض في الجريان السطحي الشهري في حوض نهر الزرقاء ما عدا شهر نيسان الذي لم يطرأ عليه أي تغيير، وشهر أيار الذي زاد فيه الجريان السطحي، وتدل معظم المؤشرات لهذين النموذجين إلى أن معدل الجريان السطحي سينخفض بمقدار 12% تقريباً حسب نموذج (The Hadley Model)، و40% حسب نموذج (The MPI Model)، وأن أعلى تغير في الجريان السطحي يظهر عند ارتفاع درجات الحرارة بمقدار (+4ْم) ، إذ سيرافق ذلك تغير بمقدار (-20%) في كميات الأمطار،وتتوافق هذه النتائج مع نتائج أخرى توصل لها باحثين آخرين عن الشرق الأوسط والمرتبطة بسيناريوهات الزيادة في درجات الحرارة (+2ْم - +4ْم) وانخفاض معدل الأمطار بمقدار (10%) وما يرافق ذلك من انخفاض في معدل الجريان السطحي بمقدار (40-60%) ، أما في حالة الزيادة في درجات الحرارة (+2ْم - +4ْم)، وزيادة معدل الامطار بمقدار (10%) فإن معدل الجريان السطحي سينخفض بمقدار (10-30%)، كما أن معدل الجريان السطحي سيزداد بمقدار (20%) تقريباً في حالة

ازدادت درجة الحرارة بمقدار (+2°م) وازدياد الأمطار بمقدار (20%)، (Abdulla and Al-Omari,2008).

أما إذا ما تعلق الأمر بمنطقة الدراسة (حوض الجفر) فقد وجد الباحث ما يثبت ما جاءت به الدراسات السابقة المتعلقة بالتغير المناخي ، حيث وجد أن هناك تغيراً بمقدار (+3.2%) في معدل الأمطار السنوية لعقد الثمانينات مقارنة بعقد السبعينيات، رافقه تغيراً بمقدار (+3.60%) في معدل الجريان السطحي لنفس فترة المقارنة،أما عقد التسعينيات فقد شهد تغيراً بمقدار (-2.6%) في معدل الأمطار و (-7%) في معدل الجريان السطحي مقارنة بعقد الثمانينات.

أخيراً فقد ازدادت الأمور قتامة واتضح وجود مؤشراً سلبياً على تراجع معدلات الأمطار والجريان السطحي في حوض الجفر، فقد شهد العقد الأول من الألفية الثالثة تغيراً بمقدار (-35.2%) لمعدلات الأمطار، و (-69.7%) لمعدل الجريان السطحي مقارنة بعقد التسعينات، الجدول (33)،وبالتالي يجب اتخاذ الحلول الفعالة من أجل التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي كمحاولة لاصطياد ما يمكن اصطياده من مياه الجريان السطحي تلافياً لما قد تحمله العقود المقبلة من نتائج مناخية وهيدرولوجية سلبية على الأردن .

الجدول (33) التغير في معدلات الأمطار والجريان السطحي خلال الفترة (1970-2010)

الرقم	المحطة	1971/70 -1980/79م		1981/80-1990/89م		1991/90-2000/99م		2001/2000-2010/2009م	
		معدل الامطار(ملم	معدل الجريان(ملم)	معدل الامطار(ملم	معدل الجريان(ملم)	معدل الامطار(ملم	معدل الجريان(ملم)	معدل الامطار(ملم	معدل الجريان(ملم)
1	معان	39	0.4	43.9	0.9	46	1.3	30.1	0
2	أذرح	142.7	8.6	103	3.8	179	19.3	84.6	4.5
3	البسطة	142	17.2	178.3	29	125.8	15	90	5.4
4	الجفر	30	0.1	34	0.3	35.3	0.3	23.2	0
5	الشوبك	291	36.5	273.1	27.5	274.5	31.5	197.7	14.2
6	الصداقة	131.7	22.2	163.5	20.1	120.9	10	76.1	2.1
7	العناب	29.7	0.4	33.6	0.6	35	1	23	
8	القويرين	160.1	17.7	146.7	20.4	120	13.5	79.8	4.2
9	جبل البتراء	68	3.1	76.5	6	79.6	8.6	52.7	0.8
10	جبل قزيمة	39.7	0.42	44.8	1	46.8	1.3	30.6	0
11	قبر الصوا	26	0	32	0.5	33.3	0.4	22.4	0
12	كبد	28.6	0.2	32	0.5	33.6	0.7	22.1	0
13	أبو طرفة	24.5	0.05	28.6	0.2	29.2	0.2	19.2	0
المجموع		1153	106.9	1190	110.8	1159	103.1	751.5	31.2
مقدار التغير(%)		—	—	3.2	3.65	-2.6	-7	-35.2	-69.7

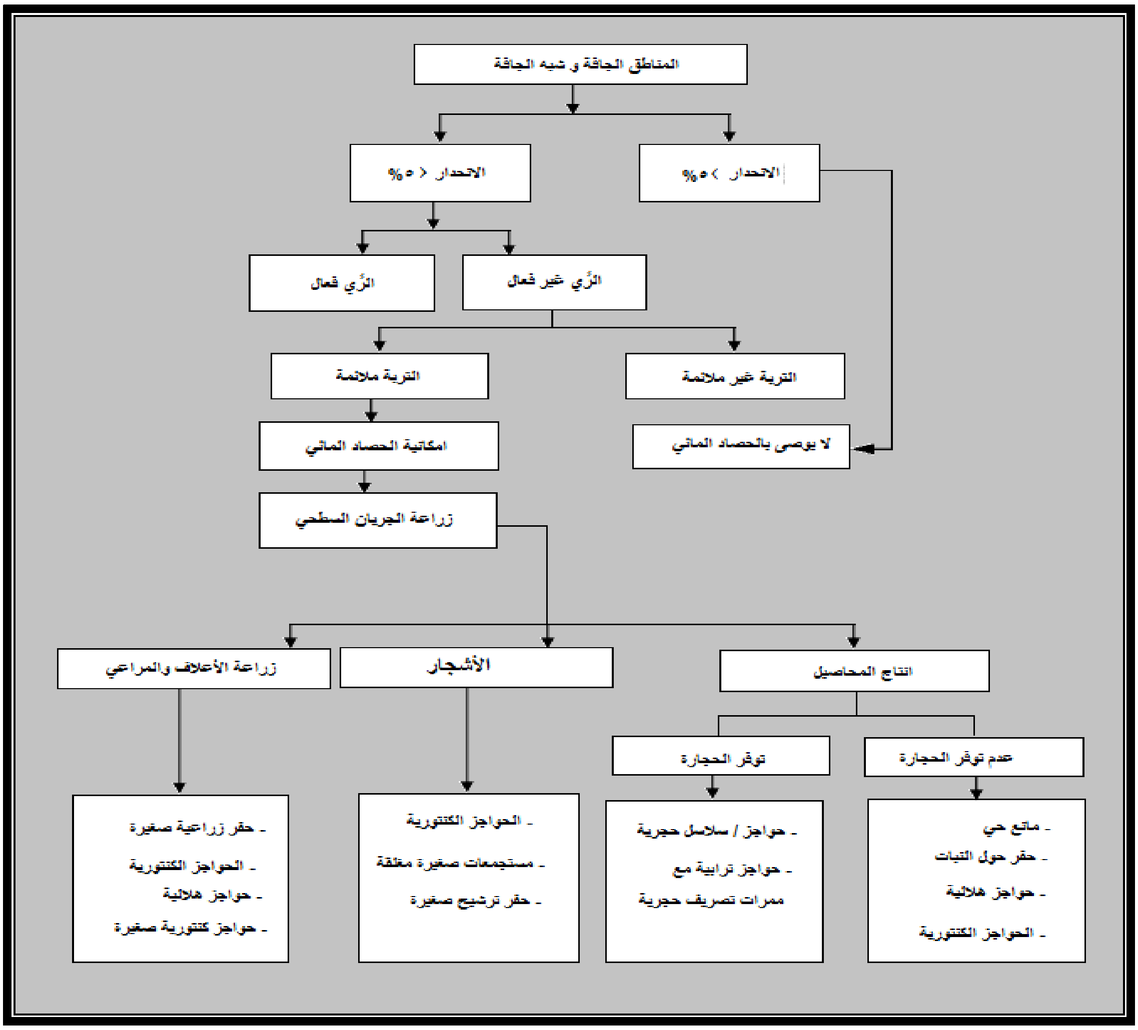
(المصدر : عمل الباحث بناءا على نتائج تطبيق طريقة (SCS-CN))

6:6 طرق الحصاد المائي :

يتم تصنيف أنظمة وتقنيات الحصاد المائي عادة بالاعتماد على مساحة المستجمع المائي (Catchment Area) فبعض أنواع مشاريع الحصاد المائي عبارة عن سدود كبيرة تقام على أودية كبيرة المساحة وذات حجم تصريف مائي كبير، وبعضها لا يعدو أن يكون حفر صغيرة حول الأشجار تزود التربة وجذور النبات بالرطوبة، وبالتالي يمكن تصنيف أنظمة وتقنيات الحصاد المائي إلى نوعين رئيسيين هما :

1.الحصاد المائي في المستجمعات المائية الصغيرة: (Micro Catchments Water Harvesting) :

تعتمد هذه الطريقة على تجميع الجريان المائي السطحي (التدفق القنوي والصفيحي (Sheet and Rill Flow) في منطقة مستجمع مائي صغيرة وتخزين المياه في منطقة الجذور فيستخدمها النبات بشكل مباشر، أو يتم تخزينها في حوض صغير يتم استخدامها فيما بعد (Prinz, 2001)،ويمكن تصنيف أنظمة الحصاد المائي بالاعتماد على عملية حدوث الفيضان ، نوع التخزين (Storage)، الاستخدام وحجم المستجمع المائي (Size of Catchment)، الشكل (97)، (Critchley and Turner,1991) .



الشكل (97) نظام الحصاد المائي في المستجمعات الصغيرة
(Critchley and Turner,1991)

كما يمكن التصنيف حسب نظام حفظ مياه الأمطار في نفس الموقع (In-Situ Rainwater Conservation)، والنظام الذي يعتمد عليه الجريان السطحي، (Nigigi, 2003).

2.الحصاد المائي في المستجمعات المائية الكبيرة: (Macro Catchment Water Harvesting) :

يسمى هذا النوع أيضا الحصاد المائي على طول المنحدرات الطويلة (Water Harvesting A long Slopes) أو نظم المستجمعات الخارجية (External Catchment Systems)، (Pacey and Cullis, 1986) . وتوصف هذه النظم بعملية جمع مياه الجريان من مستجمع مائي كبير نسبياً وغالباً ما يكون المستجمع مسقط مائي كامل أو بادية أو منطقة جبلية أو حوض مائي وغالباً ما تخزن المياه التي يتم جمعها من الجريان السطحي في خزانات مائية سطحية مثل السدود أو الحفائر، أو يتم خزنها تحت السطح لاستخدام مياه الجريان السطحي في حقن المياه الجوفية.

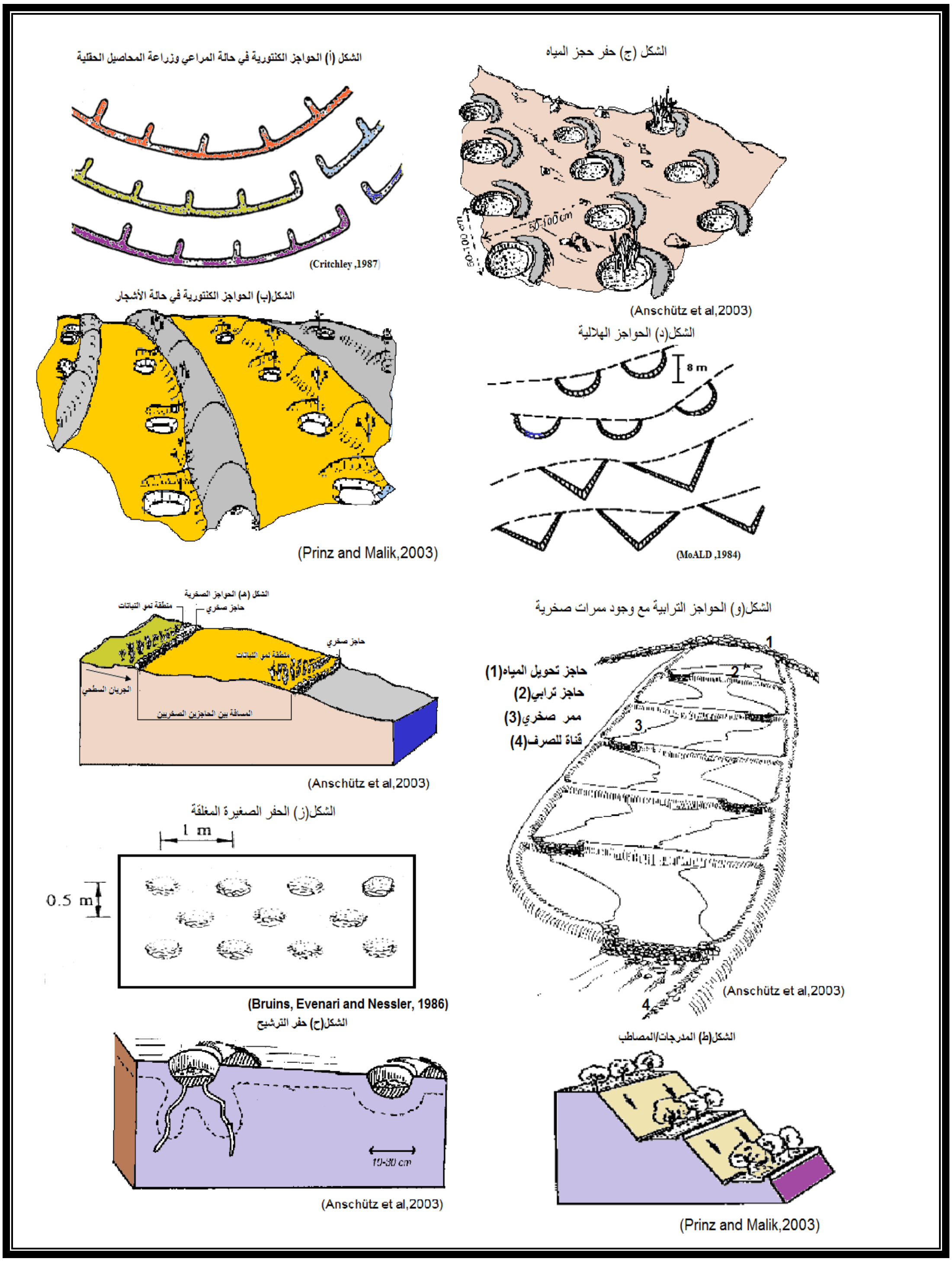
أولاً: الحصاد المائي في المستجمعات المائية الصغيرة:

تعتبر الخصائص المناخية من العناصر الهامة في المناطق الجافة وشبه الجافة (Semi-Arid Regions) لتحديد كمية الأمطار المتاحة و الممكنة للحصاد المائي، بالإضافة للخصائص الطبوغرافية للمنطقة من أجل تحديد التقنية أو نظام الحصاد المائي الذي يجب استخدامه،كما تعتبر نظم المستجمات المائية الصغيرة نظماً بسيطة وقليلة التكلفة في كثير من الأحيان ويمكن توضيح هذه النظم والتقنيات على النحو الآتي :

1- نظام الحواجز الكنتورية: (Contour Bunds) : يطبق هذا النظام عادة في المناطق قليلة الانحدار (أقل من 5%) وذات تربة عميقة، وخاصة في مناطق إنتاج المحاصيل الزراعية، الأشجار المثمرة ومناطق زراعة المحاصيل العلفية والمراعي، من أجل خزن المياه في التربة (Anschutz et al, 2003, prinz and Malik, 2003)، الشكل (98،أ+ب).

2- نظام الحواجز الهلالية (Semi-Circular Bunds) : عبارة عن حواجز ترابية على شكل نصف دائرة أو هلال تكون موجهة لأعلى المنحدر بشكل مباشر، ويتم إنشاؤها على مسافات تتيح وجود مستجمع كاف لتجميع المياه لاستخدامها في زراعة النباتات، (Owies et al, 2003) ، الشكل (98، د) .

3- نظام الحفر الصغيرة: (Planting Small Pits) : وتعتمد هذه التقنية على إقامة الحفر الصغيرة بغرض تجميع المياه الجارية أو مياه الأمطار لزيادة استفادة النبات منها ، (Anschutz et al,2003) الشكل (98،ج) .



الشكل(98) نظم الحصاد المائي في المستجمعات المائية الصغيره (1)

4- الحواجز الكنتورية الصخرية (Contours Stone Bunds) : تستخدم الحواجز الصخرية لحجز المياه الجارية أو مياه الأمطار لتوفير المياه اللازمة لزيادة رطوبة التربة والتي تسمح بزراعة الخضراوات، نمو النباتات بالإضافة لزيادة رطوبة التربة، (Anschutz et al, 2003)، الشكل (98،هـ)،

5- نظـام الحـواجز الترابيـة مـع وجـود ممـرات صـخرية: (Earth Bunds with Stone Spillways) : تعتمد المسافة بين الحواجز الترابية على ميل المنحدر حيث يعتمد هذا النظـام علـى وجـود مسـتجمع تحـيط بـه حـواجز أو أكتـاف ترابيـة ويجـب أن يكـون لكـل حـاجز ممـر صـخري أو أكثـر يمتـد لمسـافة 20م علـى طـول الحـاجز ويطلـق علـى هـذا النظـام فـي تـونس المسقاة (Miskat)، الشكل، (98،و) .

6- نظـام الحفـر المغلقـة الصـغيرة: (Closed Micro Pits) يعتمـد هـذا النظـام علـى إقامـة حفـر صـغيرة بغـرض تجميع جـزء مـن ميـاه الجريـان والأمطـار لزيـادة اسـتفادة النباتـات منهـا ويفضـل فـي هـذا النظـام أن تكـون التربـة مسـتوية أو قليلـة الميـل، (Bruins, Evenari and Nessler, 1986) الشكل (98،ز).

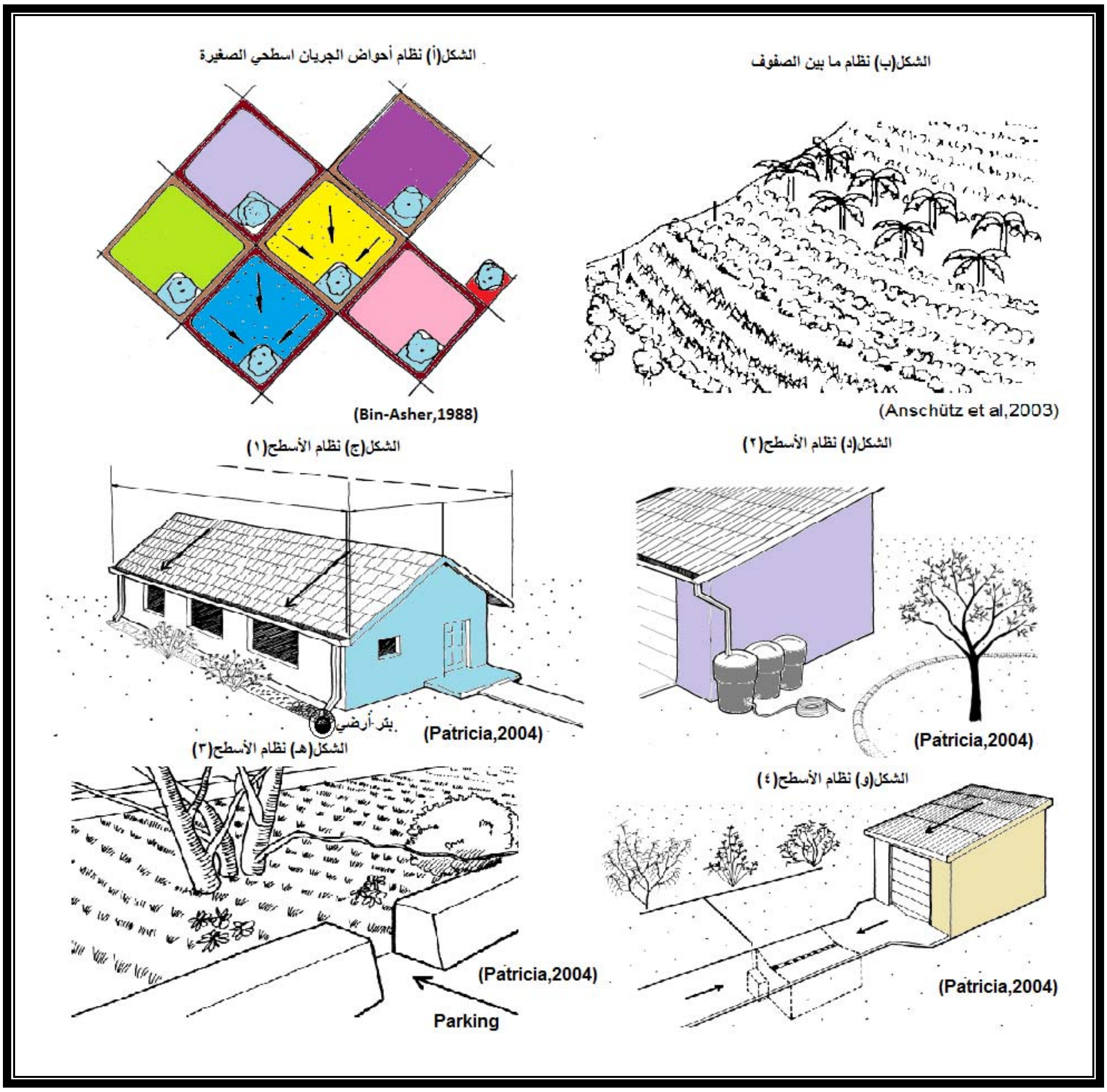
7- نظام حفر الترشيح (Infiltration Pits): يستخدم هذا النظـام لزيـادة رطوبـة التربـة (Soil Moisture) لتـوفير الرطوبــة اللازمــة لنمــو النباتــات وخاصــة لمنطقــة الجــذر، الشــكل (98،ح).

8- نظـام المصـاطب (Contour Terraces): تعتبـر مـن الأنظمـة المعتمـدة لصـيانة التربـة علـى المنحـدرات التـي تتـراوح مـا بـين (10-35%)، كـذلك لزيـادة رطوبـة التربـة اللازمـة لنمـو النباتات في المناطق الجافة وشبه الجافة ، (Prinz and Malik, 2003)، الشكل (97، ط).

9- نظـم احـواض الجريـان السـطحي الصـغيرة (Small Runoff Basins): وهـي عبـارة عـن أحـواض جريـان صـغيرة تتخـذ شـكل المعـين أوالمسـتطيل تحـيط بهـا أكتـاف وحـواجز ترابيـة قليلـة الارتفاع وتسمى أحياناً (Negarin)، (Ben-Asuer, 1988)، الشكل (99،أ) .

10- نظـام مـا بـين الصـفوف (Inter-Raw System): تعتبـر مـن الطـرق المهمـة التـي يمكـن استخدامها فوق الأراضـي المنبسطة، وعـادة مـا يـتم توجيـه الصـفوف نحـو خـزان موجـود نهايـة القنـاة أو محصـول مزروع مـا بـين الحـواجز ويجـب تعشـيب منطقـة المسـتجمع ورصـها بصـورة منتظمة لضمان الحصول على أعلى جريان سطحي ممكن (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2002)، الشكل (99،ب) .

11- نظـام الأسـطح (Roof Top System): يعتمـد هـذا النظـام علـى جمـع ميـاه الأمطـار مـن أسـطح المنـازل، أسـطح المبـاني الكبيـرة أو أيـة أسـطح كتيمـة بمـا فيهـا الشـوارع ليصـار بعـد ذلـك إلـى تخزينهـا فـي آبـار منزليـة يـتم إعدادها مسـبقاً أو فـي خزانـات سـطحية، أو يـتم توجيههـا نحـو النبـات او المزروعـات، (Patricia, 2004) ، وتتخـذ عـدة أشـكال يمكـن توضـيحها مـن خـلال بعض الأمثلة الظاهرة في الشكل، (99،ج- و) .



الشكل(99) نظم الحصاد المائي في المستجمعات المائية الصغيره (2)

كما يوجد هناك أنواع أخرى للحصاد المائي في المستجمعات المائية الصغيرة مثل الخزانات المائية الزراعية (Cultivated Reservoirs)، مدرجات (Liman) (Liman Terraces)، أنظمة القنوات على سفوح التلال (Hillside Conduct Systems) ، الحواجز التي تأخذ شكل شبه المنحرف (Trapezoidal Bunds)، نظام الحلقات الهلالية الكبيرة (Large semi Circular Hoops) ، أنظمة المدرجات او المصاطب التي تتخذ شكل حاجب العين على المنحدرات (Eye Brow Terraces) وأنظمة (Vallerani) (Vallereni Type) (Prinz and Malik, 2003) بالإضافة إلى الكثير من الأنواع التي تتخذ تسميات مختلفة حسب المنطقة الجغرافية والخصائص المناخية للأقاليم الجغرافية المختلفة.

ثانياً: نظام الحصاد المائي في المستجمعات المائية الكبيرة ونظم مياه السيول(Macro Catchment Water Harvesting) :

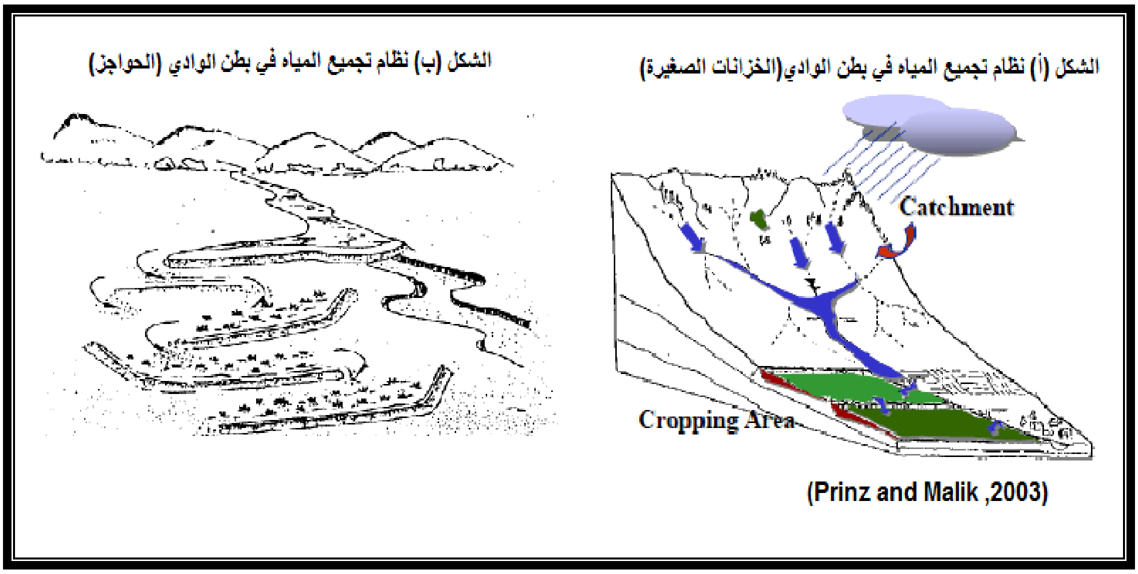
يعتمد هذا النظام على تجميع المياه الجارية في مستجمعات مائية كبيرة سطحية لغاية الاستفادة منها للاستعمالات البشرية، الزراعية بالإضافة لحقن المياه الجوفية، وتتراوح أحجام المستجمعات المائية من خزانات مائية صغيرة إلى سدود عملاقة، ويعتمد هذا النظام على وجود كميات كبيرة من الجريان السطحي نظراً لكبر مساحة المستجمع المائي (Catchment Area)، (Kajiru et al,1999)، وسيتم في الدراسة القائمة تحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي كبيرة الحجم وبالتحديد الحفائر (Bands) والسدود (Dams)، ويمكن تحديد أنظمة المستجمعات المائية الكبيرة على النحو الآتي :

أ- **نظام تجميع المياه في بطن الوادي:** يستخدم هذا النظام بطن الوادي لتخزين المياه الجارية على السطح لوقف تدفق المياه، أو داخل التربة لإبطاء التدفق وبالتالي السماح للمياه الجارية بالتغلغل أو الرشح إلى داخل التربة وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، ويتضمن هذا النظام استخدام تقنيتين هما:

1. الخزانات الصغيرة: (Small Storages) :تمثل الخزانات الصغيرة سدوداً صغيرة لتخزين جزء أو كل المياه الجارية التي تتدفق إلى أسفل الوادي ليصار بعد ذلك إلى استخدامها في الري،الاستعمالات المنزلية أو لسقاية المواشي ويتفاوت حجمها ما بين خزانات صغيرة الحجم حوالي 1000م3 إلى خزانات تتسع إلى 500000 م3، الشكل (100،أ).

وتحتاج عملية تصميم هذه السدود الصغيرة إلى مساعدة المهندسين لتخطيطها، تصميمها وتنفيذها، (عويس وآخرون، 2003) .

2. زراعة بطن الوادي عن طريق الحواجز: تعتبر من الأنظمة الأكثر شيوعاً في بطون الأودية ذات الانحدار القليل، حيث يتم اللجوء إلى انشاء سد صغير أو حاجز في بطون الأودية للتخفيف من سرعة الجريان المائي والسماح للرواسب بالاستقرار، وبالتالي توفير منطقة زراعية ذات تربة جيدة ،(Prinz and Malik, 2003)، الشكل (100،ب).



الشكل (100) نظام تجميع المياه في بطن الوادي

ب- **النظم التي تقع خارج الأودية:** تستخدم هذه الأنواع لتجميع مياه الجريان السطحي في مناطق تقع خارج بطون الأودية من خلال إجبار المياه على الانحراف عن مجراها الطبيعي والتدفق من مناطق قريبة ليصار لاستخدامها للأغراض المختلفة، ومن أكثر هذه الأنواع أهمية:

1. **نظام نشر المياه (Water Spreading System):** يعتمد هذا النظام على تحويل مياه الجريان السطحي عن مجراه الطبيعي إلى مناطق قريبة لتجميعها من خلال إقامة حواجز منحرفة قليلاً دون خطوط الكنتور ومبتعدة عن خط الوادي بحيث ترفع من مستوى المياه في بطن الوادي مما يسمح لمياه الجريان السطحي بالتوزع على أحد طرفي الوادي أو كليهما معاً، (عويس وآخرون، 2003) .
2. **السدود الصغيرة لتحويل مياه الفيضانات:** تنتشر هذه التقنيات في السهول الفيضية للأودية الداخلية وقرب مصبات الأودية في مناطق مختلفة، حيث تعتبر إحدى الأنظمة الهامة لاستغلال الموارد المائية بالأودية الموسمية في المناطق الجافة وشبه الجافة لأغراض التنمية الزراعية، وتحسين المراعي الطبيعية، (عويس وآخرون، 2003).
3. **نظم الحواجز الكبيرة، الطابيات والجسور:** تتألف هذه النظم من سدود ترابية أو حواجز ترابية تأخذ شكل نصف دائري (هلالي) أو شكل حرف (V) وعادة ما يتراوح طولها ما بين (10-100م) وبارتفاع (1-2 م)، (عويس وآخرون، 2003).

4. تقنيات الحصاد المائي من أجل التغذية الصناعية للمياه الجوفية: تتم عملية التغذية الصناعية للطبقات الحاملة للمياه الجوفية بإحدى الطرق التالية:

أ- شحن المياه الجوفية من خلال حفر الآبار.

ب- إقامة سدود وحواجز على مجاري الأودية ومن ثم تحويل المياه المخزونة عبر قناة إلى مناطق منخفضة مجاورة لها بعد أن يتم تحديد الخصائص الجيولوجية المناسبة التي تسمح بحقن الطبقات المائية فيها.

ج- إقامة سدود نشر مياه الجريان السطحي في المناطق الرسوبية الفيضية بهدف تحسين رطوبة التربة، وتغذية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.

د- تحويل جزء من مياه السيول إلى برك صناعية موزعة في مناطق بها طبقة حاملة للماء بهدف تخزين مياه السيول مؤقتاً.

هـ تحويل مياه السيول إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية مباشرة.

5 .الحفائر: تتألف الحفيرة عادة من أحواض ترابية يتم حفرها في المناطق قليلة الانحدار لتجميع مياه الجريان السطحي القادمة إما من الوادي أو من منطقة مستجمع مائي كبير، وهي ذات انتشار واسع في المناطق الجافة وشبه الجافة في البلدان العربية،الشكل (101) .



الشكل (101) حفيرة لتجميع مياه الأمطار

6. السدود التخزينية الكبيرة (Dams): تشكل السدود إحدى التقنيات التي تستخدم لحصاد مياه الأمطار التي تجري في الأودية خلال المواسم المطرية، حيث يتم حجز المياه الجارية في هذه الأودية في مواقع محددة ومناسبة ضمن مسار هذه الأودية من خلال تكوين بحيرات صناعية صغيرة، متوسطة أو كبيرة تبنى من مواد مختلفة تبعاً لعوامل مختلفة على المجاري المائية ويتم تصريف الفائض عن السعة التخزينية للسد من خلال مفيض يبنى عادة على جانب السد،وتحتاج

عمليــة بنــاء ســد للحصـــاد المــائي الـــى دراســـات هيدرولوجيـــة، طبوغرافيـــة، جيولوجيـــة، جيمورفولوجية، وجيوتكنيكية دقيقة .

7.السدود الترشيحية:تبنى هذه السدود في مناطق معينة لتغذية المياه الجوفية.

8.نظام السدود الصغيرة على طرف المنحدر:يعتمد هذا النظام على توجيه مياه الجريان السطحي من خلال أقنية صغيرة إلى حقول منبسطة تقع أسفل المنحدر، حيث يتم إحاطة الحقول بسدود صغيرة مع مفيض مائي لتصريف فائض المياه إلى حقل آخر أسفل المجرى وعندما تملأ الحقول التي تقع على سلسلة واحدة بالمياه يسمح للمياه الزائدة بالتدفق إلى الوادي . ويعتبر هذا النوع من أنظمة الحصاد المائي من الأنواع الشائعة في البيئات الريفية في أجزاء متعددة من العالم مثل الهند، الصين وأمريكا الوسطى ومناطق أخرى، (UNEP, 1983).

7:6 فوائد الحصاد المائي :

يوجد فوائد كثيره لحصاد مياه الأمطار يمكن تحديد أهمها في النقاط التالية :

1- لا توفر مشاريع الحصاد المائي المياه الصالحة للشرب فقط والتكاليف المرتبطة بذلك، ولكن تقلل أيضاً من خطر حدوث الفيضان والتعرية من خلال حجز مياه الأمطار في مواقع محددة.

2- الاستفادة من المياه التي يتم حجزها في تغذية أو حقن المياه الجوفية من خلال الرشح نحو سطح الماء الجوفي (Ground Water Table).

3- تعتبر مياه الأمطار مياه نقية خالية من الأملاح وبالتالي يمكن الاستفادة منها لري المزروعات أو كمياه للشرب.

4- يقلل حصاد مياه الأمطار من تراكم الأملاح في التربة والتي تضر بنمو جذور النباتات، فعندما تترشح مياه الأمطار إلى التربة تجبر الأملاح على الابتعاد نحو الأسفل بعيداً عن منطقة الجذور وهذا يسمح لنمو الجذور بشكل أفضل كذلك يزيد من قدرة النبات على تحمل الجفاف.

5- تعتبـر إجـراءات الحصــاد المــائي قليلــة وســهلة مـن خــلال التخطـيط والتصــميم الجيــدان، (Patricia, 2004) .

6- يمكن تحديد فوائد وأهمية الحصاد المائي بزيادة الانتاج الزراعي خلال فترات الجفاف، كذلك لتوفير الماء اللازم للري التكميلي (Supplementary Irrigation) عند انخفاض معدل الهطول المطري في مواسم الرطوبة أو الأمطار حتى تساعد المياه على نضج المزروعات، كما يمكن استخدام مياه الحصاد المائي لحقن المياه الجوفية، (Desta, 2004).

الفصل السابع

تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر

جنوب شرق الأردن

1:7 تمهيد

2:7 العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار موقع مشروع الحصاد المائي

3:7 دور نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم احتمالية الحصاد المائي واختيار أفضل المواقع

4:7 اختيار الموقع واتخاذ القرار المكاني

5:7 معايير دعم القرار المكاني من أجل تحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر

6:7 إنتاج الخرائط الموضوعية لتحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي

7:7 تقييم مدى الملائمة الأرضية من أجل مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود)

8:7 الخرائط النهائية الموزونة

9:7 انتاج الخرائط النهائية

10:7 العمل الميداني بهدف التأكد من النتائج

11:7 مناقشة النتائج والتوصيات

1:7تمهيد :

تعتبر عملية حصاد مياه الأمطار من الآليات أوالنظم الهامة لإدارة الأمطار النادرة ، حيث يعتمد نجاح هذه النظم بشكل رئيسي على تحدي التقنيات والمواقع الملائمة (Tripathi and Pandey,2005) . وهناك طرق مختلفة تبناها العديد من الباحثين لتحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي المحتملة في المناطق البعيده التي تعاني من نقص البيانات حيث تعتمد أغلب هذه الطرق على إعداد الخرائط الموضوعية من خلال استخدام بيانات (R.S) وبالتوافق مع استخدام (GIS) لتقييم المواقع الملائمة للحصاد المائي (Munyao,2010)، كما يساعد (GIS&R.S) في تحديد مدى ملائمة المناطق المختلفة للحصاد المائي، اذ يعتبر (GIS)أداة فعالة في اتخاذ القرار (Decision-Making) وحل المشكلة (The Problem-Solving)، ويعتبر الحصاد المائي تقنية تقليدية قديمة واستخدمت منذ آلاف السنين في معظم الأراضي الجافة من العالم ، ولكن طورت في الوقت الحاضر الكثير من التقنيات التي يمكن الاستفادة منها في تقييم احتمالية الحصاد المائي والتي تعتمد على بيانات (GIS&R.S) ، (Oweis, 2004).

2:7 العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار موقع مشروع الحصاد المائي:

أولاً: العوامل المناخية والهيدرولوجية:

تعتبر العوامل الهيدرولوجية من أهم العوامل وأكثرها تأثير في اختيار المواقع الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي، والتي تتمثل في:

1.معدل الهطول المطري السنوي،معدل درجات الحرارة والمعدل العام للتبخر:

يجب أخذ معدل الهطول المطري بعين الاعتبار عند اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي حيث تقع معظم أجزاء حوض الجفر ضمن المنطقة الجافة، حيث تقدر المساحة التي يقل فيها التساقط المطري عن 100 ملم بحوالي 84% من مساحة منطقة الدراسة، كما تبلغ المساحة التي يقل فيها التساقط المطري عن 50 ملم وعن 30 ملم حوالي 79.4% و 40.4% على التوالي من مساحة حوض الجفر، في حين تبلغ مساحة المناطق التي يزيد فيها التساقط المطري عن 100 ملم حوالي 16% ، أما المساحة التي يزيد فيها التساقط المطري عن 200 ملم فلم تتجاوز 3.7% من مساحة حوض الجفر، الجدول (34) .

الجدول (34) توزيع معدلات الأمطار حسب المساحة في حوض الجفر

المعدل السنوي للأمطار (ملم)	المساحة (كم^2)	نسبة المساحة (%)
أكثر من 200	443	3.7
أكثر من 100	1923	16
أقل من 100	10122	84
أقل من 50	9568	79.4
أقل من 30	4866.2	40.4

(المصدر : عمل الباحث باستخدام (GIS))

ويرى الباحث في ذلك دلالتين ترتبطان بالهدف العام للدراسة وهما : شح الأمطار وضرورة التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي سواءً أكانت سدوداً أم حفائر أو غير ذلك من مشاريع الحصاد المائي نظراً لقلة كميات الأمطار الأمر الذي يتطلب استغلال كل قطرة مطر تصل سطح الأرض ، بناءا على ذلك يعتبر معدل الهطول المطري من المتغيرات الرئيسية في بناء النموذج اللازم لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر وتحديد المواقع الملائمة باستخدام (GIS) . وتباينت الدراسات التي تناولت المعدل السنوي للأمطار كمعيار في تحديد المواقع الملائمة للحصاد المائي من حيث درجة التصنيف التي تعتمد على معدلات الأمطار السنوية، ولكن اتفق جميع الباحثين على اعتبار المعدل السنوي للأمطار من أهم المعايير عند اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي، فقد أشارت دراسة (Owies et al, 2001) على أن المعدل العام للأمطار يجب أن لا يقل (150 ملم) عند اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي،أما دراسة (FAO,2002) حددت المعدل السنوي للأمطار المطلوب لنجاح مشاريع الحصاد المائي بأكثر من 250 ملم، كذلك الحال بالنسبة لـ (Jannifer, 2007) ، كما اعتبر (AL-Adamat,et al,2010) أن المناطق التي يقل فيها المعدل السنوي للأمطار عن 100 ملم هي مناطق لا تصلح لإقامة مشاريع الحصاد المائي .

2.توزيع الهطول المطري في منطقة الدراسة :

يتركز الهطول المطري في حوض الجفر في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية وإلى حد أقل في الأجزاء الجنوبية الغربية ابتداءً من الشوبك في أقصى الشمال الغربي حيث يصل المعدل السنوي للأمطار إلى حوالي 260 ملم وبالاتجاه جنوباً إلى جبال البتراء والتي يبلغ المعدل السنوي للأمطار فيها حوالي 70 ملم، وبالتالي فإن عملية اختيارمواقع مشاريع الحصاد المائي ستركز على هذه الأجزاء لأنها ذات إمكانية أكبر من غيرها لإقامة هذه الأنواع من المشاريع، أما بقية الأجزاء من معان وبالاتجاه شمالاً وجنوباً وشرقاً فإن المعدل السنوي للأمطار يقل عن 50 ملم وبالتالي لن تكون مجدية في إقامة مشاريع الحصاد المائي . وهذا ما يصبو إليه الباحث في توخي الدقة عند

بناء النموذج بحيث يتم الحصول على أفضل النتائج وبدقة عالية،ولكن حتى يكون هناك إنصاف يرى الباحث احتمالية إقامة الحفائر الترابية في المناطق التي يقل فيها معدل الهطول المطري عن 100 ملم، أو التوسع في إقامة المحميات الرعوية أسوة بمشروع مراعي الفيصلية والذي تبلغ مساحته 2000دونم والذي أنشأته مديرية تطوير اقليم الشراه الزراعي التابعة لوزارة الزراعة عام 2008م في منطقة الفيصليه في الجزء الغربي من حوض الجفر . كذلك يجب عدم إغفال عنصري الحرارة والتبخر حيث ترتفع معدلات التبخر بارتفاع درجات الحرارة وبالتالي يجب استغلال مياه الأمطار في المناطق الملائمة حتى نقلل قدر الإمكان من الفاقد المائي بالتبخر.

3.شدة العاصفة الماطرة:

عادةً ما يعبر عن شدة العاصفة الماطرة بمقدار الأمطار الساقطة خلال وحدة الزمن (ملم/ساعة أو إنش/ساعة)، (الأنصاري، 2005) . وفيما يتعلق بحوض الجفر فيرى الباحث أن هناك جانبين هامين ، أولهما تباين مدة العاصفة الماطرة وبالتالي شدتها في المناطق التي يزيد فيها معدل الهطول المطري عن 100 ملم وهذا ما اتبعه الباحث في تحديد ظروف الرطوبة الاسبق للتربة (AMC) لتحديد إمكانية الجريان السطحي وبالتالي إمكانية حجزها أو تجميعها وهذا يشمل العواصف التي تمتد لأكثر من ثلاثة أيام، أي طول الفترة الزمنية التي يستمر فيها الهطول . أما الجزء الأكبر من حوض الجفر فتمتاز عملية الهطول المطري فيه بشدة العاصفة المطرية وقصر مدتها أو ديمومتها كذلك قلة تكرارها إلا خلال سنوات أو عقود وبالتالي يرافقها زيادة في معدل الجريان السطحي ذلك أن مياه الأمطار تتحول إلى جريانا سطحيا مباشرا دون أن يسمح لها بالتسرب نحو الأسفل وهذا قد يشجع عملية حجزها، أو اصطيادها في حفائر صحراوية.

4.معامل الجريان السطحي السنوي (Annual Runoff Coefficient) :

يبلغ معدل الجريان السطحي في حوض الجفر حوالي 8.3% من معدل الأمطار في الحوض والبالغة 80.8 ملم ، حيث ستركز الدراسة على أكثر الأودية جرياناً مائياً سطحيا بالتوافق مع الخصائص الطبيعية الأخرى التي سيتم تحديدها لاحقاً، وبالتالي تحديد المواقع الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي، حيث يمكن حساب معامل الجريان السطحي (Annual Runoff Coefficient)من خلال المعادلة التالية:

$$k = \frac{\text{Yearly (Seasonal) Total Runoff (mm)}}{\text{Yearly (Seasonal) Total Runfall (mm)}}$$

(Pilgrim et al, 1975, 1993)

حيث يعتمد حساب معامل الجريان السنوي على تقدير الجريان باستخدام ظروف الجريان السابقة (ARCll) ، (Pilgrim et al, 1975, 1993) ، وبالتالي يعتبر العامل الهيدرولوجي والذي يمثل العلاقة بين (الأمطار- الجريان السطحي) ذو أهمية بالغة عند اختيار مشاريع الحصاد المائي ،(Kahinda et al, 2008, Rao et al, 2003) .

5.معامل رطوبة التربة :

عبارة عن معامل مناخي يعتمد على كميات الهطول والتبخر النتحي ويستخدم للتنبؤ بكميات التدفق السطحية من عاصفة مطرية ما، وذلك للحصول على عوامل الهطول المؤثر في تلك المنطقة، وبالتالي الحصول على كمية الأمطار الصافية أو الحقيقية، (الشطناوي، 2006)، كما يفضل أن تكون التربة ذات سعة مائية عالية (High water Holding Copacity)، (Munyao, 2010) .

6.معامل التدفق القاعدي ((Base Flow Index (BFI) :

يستخدم هذا المعامل كمقياس لخصائص الجريان الأساس للأحواض المائية، ويعتبر أسلوب منظم (Systematic Way) لتقييم نسبة الجريان الأساس من الجريان الكلي للحوض المائي، كما يشير إلى تأثير التربة وجيولوجية الحوض على الجريان النهري ويعتبر ذو أهمية في دراسات معدلات الجريان المنخفضة ، (Adebe and Foerch, 2006) .

ثانياً: العوامل الجيومورفولوجية :

نظراً لكبر حجم الحوض المائي قيد الدراسة فقد تم تقسيمه إلى أحواض ثانوية تختلف فيما بينها في الخصائص الطبيعية الجيومورفولوجية ، الجيولوجية، المناخية والهيدرولوجية وغيرها، كما تختلف في خصائصها الشكلية والمساحية وخصائص نظام الشبكة المائية ، وبالتالي فمن الطبيعي أن تتجمع الأمطار الساقطة في أودية ثانوية ما تلبث أن تتجه جميعها نحو الأودية الأعلى منها في الرتبة حتى تصل مستوى الأساس في النهاية هذا في الوضع الطبيعي المثالي ، أما إذا ما تعلق الأمر بالأحواض الثانوية في حوض الجفر فيجب أخذ ما يلي بعين الاعتبار:

1. مساحة الحوض المائي الثانوي :

تتناسب مساحة الحوض المائي بشكل عام طردياً مع حجم الجريان السطحي في حالة كان الحوض يمتد ضمن المناطق الرطبة وفيرة الأمطار، أما في حالة حوض الجفر فإن معظم الأحواض الثانوية تمتاز بكبر مساحتها حيث تزداد معدلات الأمطار فوق منابع الأحواض الواقعة في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية أما الأجزاء الوسطى والسفلى من هذه الأحواض فتمتاز بالجفاف وتقل المعدلات السنوية للأمطار فوقها عن 50 ملم،كما أن بقية الأحواض المائية الثانوية في منطقة الدراسة ترتبط بعلاقة عكسية مع الجريان المائي السطحي بناءاً على كميات الهطول

وشدة العواصف المطرية، حيث تتميز معظم الأودية بكبر مساحتها مما يؤدي إلى ضياع مياهها قبل وصولها إلى المخارج الرئيسية لذا يفضل اختيارمواقع مشاريع الحصاد المائي على الأودية الثانوية أو الفرعية .

2. خصائص الشبكة المائية:

أ- أطوال الأودية الثانوية والرئيسية والكثافة التصريفية:

تعتبر هذه الخصائص تتمة لما ورد في النقطة السابقة المتعلقة بالمساحة من خلال ارتباط أطوال المجاري المائية بالمساحة التي تحدد الكثافة التصريفية، إذ ستؤخذ بعين الاعتبار المسافة التي تقطعها المياه الجارية في الأودية حتى يتم التقليل من الفاقد المائي قدر الإمكان نظراً لطبيعة الجفاف الذي تختص بها معظم مناطق حوض الجفر، ارتفاع معدلات التبخر ونوع التربة وغير ذلك، وبالتالي اختيار أفضل المواقع وأكثرها ملائمة لمشاريع الحصاد المائي وهذا ما تبين من خلال اعداد مقاطع طولية للأودية المنتشرة في حوض الجفر، وتزداد ملائمة الوادي لإقامة مشاريع الحصاد المائي كلما قل طوله عن 250 م، (Isioye et al, 2012) .

ب- الأودية الانتشارية الرسوبية وتعدد المصارف السفلية:

تتميز الأودية الرئيسية في حوض الجفر بأنها أودية انتشارية تعمل على نشر مياه الفيضانات والرواسب بعد تجمعها على العديد من المصارف، الأمر الذي يؤدي إلى فقدان القسم الأكبر من المياه بالتبخر، لذا فمن الأفضل مراعاة ذلك عند اتخاذ القرار المكاني واختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي في المناطق التي تضيق فيها الاودية وقبل نقطة الانتشار بمعنى يفضل إقامة مشروع الحصاد المائي على الأودية الثانوية أو الفرعية .

ج- المقطع العرضي للوادي : والذي يبين وجود أكتاف تسهل عملية بناء مشاريع الحصاد المائي في حالة بناء السدود .

3. شكل الحوض المائي الثانوي:

يؤثر شكل الحوض المائي في القدرة على تجميع المياه الجارية في نقاط محددة من خلال التحكم بكميات الجريان السطحي، وهذا ما تناولته الدراسة في الخصائص الشكلية للأحواض الثانوية في حوض الجفر، فمثلاً يؤدي طول المسافة التي تقطعها الأودية من منطقة المنابع إلى بيئة المصب إذا ما اقترن ذلك مع ارتفاع معدلات التبخر إلى تأخر وصول تصريف الفيضان إلى بيئة المصب أو انعدامه في كثير من الأحيان كما هو الحال في الشكل المستطيل للحوض المائي وبالتالي عدم الاستفادة من الجريان المائي، إذا ما قارناه بالشكل المثلث للحوض المائي والذي يتناقص فيه عرض الحوض بالاتجاه نحو بيئة المصب حيث يصل تصريف الفيضان إلى بيئة المصب في أقل فترة زمنية كما هو الحال في حوض وادي الرتمة الذي يبلغ فيه معامل شكل الحوض حوالي 44.6% أي يقترب من الشكل المثلث ويمكن الاستفادة من هذه الخاصية لهذا

الحوض باعتباره أكبر الأحواض الثانوية مساحة وتقع منابعه ضمن أكثر المناطق رطوبة في حوض الجفر، كما يشكل تجمعاً لكميات كبيرة من الأمطار الهاطلة عند تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر .

4. الخصائص التضاريسية (Relief Properties):

أ- الانحدار (The Slope) :

يرتبط الانحدار بعلاقة طردية موجبة من الجريان السطحي، حيث تنتقل المياه الجارية من المناطق المرتفعة نحو المناطق المنخفضة بشكل سريع نسبياً مما يزيد من معدلات الجريان السطحي ،وبالتالي يجب مراعاة ذلك عند اتخاذ القرار المكاني لذا يعتبر الانحدار من العوامل الهامة جداً في تحديد إمكانية أو عدم إمكانية تطبيق أنظمة الحصاد المائي .ووجد عملياً أن كمية التدفق السطحي تتناسب طردياً مع شدة الميل وعكسياً مع طول الميل، لذا ينصح المهتمين بهذا المجال بعدم إقامة مشاريع الحصاد المائي في الأراضي التي يكون فيها الميل أكثر من (5%) نظراً للصعوبات أثناء التنفيذ، (الأنصاري، 2005) . وبالتالي لابد من أخذ درجات ونسب الانحدار بعين الاعتبار للأغراض التطبيقية وبما يحقق الهدف الرئيسي للدراسة باختيار المواقع المثلى والمناسبة لمشاريع الحصاد المائي، وتناولت الدراسة توزيع درجات الانحدار في حوض الجفر من خلال إعداد خريطة درجات الانحدار ونسب الانحدار بالاضافة لاعداد مقاطع انحدارية لمعظم أجزاء حوض الجفر لتقديم صورة واضحة ودقيقة من أجل اتخاذ القرار المكاني المناسب، واتفق الكثير من الباحثين على أن الانحدار يجب أن لا يقل عن 5% عند اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي ، (Munyao, 2010, Shatnawi, 2006, Relma in ICRAF and UNEP, 2005, Patil et al, 2006, Rao et al, 2003, Musa et al, 2009, Jennifer, 2007, AL-Adamat et al, 2010, Singh et al, 2009) .

ب- تضرس الحوض ونسبة التضرس:

يقدم كلاً من هذين المتغيرين مؤشراً على تأخر أو سرعة وصول المياه الجارية إلى المصب أو من مناطق سقوط الأمطار إلى مناطق تجمعها، وبشكل عام تعكس نسبة التضرس في حوض الجفر تأخر وصول المياه الجارية إلى المصب وفي كثير من الأحيان انعدامها بسبب انخفاض سرعة التصريف المائي الناتج عن انخفاض نسبة التضرس من جهة وانخفاض معدلات الأمطار وزيادة أطوال المجاري المائية من جهة أخرى، من هنا يجب على متخذي القرار المكاني التطبيقي أخذ ذلك بعين الاعتبار عند تقييم احتمالية الحصاد المائي ، أضف الى ذلك أن معظم الخصائص التضاريسية وخصائص الشبكة المائية الأخرى التي تم تناولها في الفصل الثالث تعكس حالة الجفاف وانخفاض معدلات التصريف المائي في حوض الجفر،وبالتالي يجب اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي ضمن المناطق ذات التضاريس المستوية نسبياً، (Singh, et al, 2009).

5. الأشكال الارضية:

تعتبر عملية التعرف وتحديد الأشكال الأرضية بالغة الأهمية عند تنفيذ المشاريع الهندسية التنموية بشكل عام ومشاريع الحصاد المائي بشكل خاص، إذ لا يمكن اتخاذ أي قرار مكاني بمعزل عن الأشكال الأرضية في البيئة الحوضية، حيث يؤثر تطور الأحواض المائية على خصائص الأشكال الأرضية التي تنتشر ضمنها تبعاً لتأثير عوامل مختلفة من أصل بنيوي أو حتي، أو ترسيبي وبالتالي تعتبر المياه الجارية من العوامل التي تؤثر في خصائص الأشكال الأرضية من خلال عمليات الحت والترسيب، وبالتالي تحديد المناطق التي يزداد فيها فعل المياه الهيدروليكي .

ثالثا : خصائص التربة:

تؤثر خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية على تكاليف الانشاء والصيانة المطلوبة وحفظ المياه على المدى البعيد وبالتالي يجب عمل مسح تربة ميداني تفصيلي، إذ تعتبر التربة الطينية من المعايير المهمة الواجب أخذها بعين الاعتبارعند اتخاذ القرار المكاني باعتبارها تربة قليلة النفاذية،وإذا لم تتوفر التربة ذات المحتوى الطيني المرتفع في الموقع المحدد لإقامة مشروع الحصاد المائي فإنه سيضاف لذلك تكاليف إنشاء إضافية كتبطين جوانب المشروع والقاع،كما تعتبر عملية اختيار الترب ذات النفاذية العالية للماء عامل خطورة نتيجة رشح المياه المالحة نحو المياه الجوفية، أي يجب أن يكون معدل رشح التربة للماء متوسط، (Singh et al, 2009)، وبالتالي يجب أن تكون التربة في مواقع مشاريع الحصاد المائي متميزة بارتفاع معامل الجريان السطحي فوقها، كذلك يجب أن تكون سميكة وذات قدرة تخزينية عالية ونفاذية قليلة تتكون غالباً من ترب طينية اوغرينية، حيث تعتبر هذه الأنواع من الترب ذات رطوبة عالية خاصة إذا كان عمقها أكثر من (متر) حيث تتشبع بسرعة بالرطوبة مما يزيد من الجريان السطحي فوقها باتجاه مناطق الحصاد المائي مقارنة بالترب الرملية ذات النفاذية العالية (الأنصاري، 2005) .

وبالتالي يفضل أن لايقل سمك التربة عن 50 سم ، (Relma in ICRAF and UNEP, 2005) وتنتشرالترب الغرينية (Silty soil) كما مر معنا سابقاً في القيعان، والأجزاء القريبة من حوض الجفر والتي تتصف بأعلى معدلات تساقط مطري وجريان سطحي حيث تشكل (21.1%) من مساحة حوض الجفر، وتتميز هذه الترب بارتفاع نسبة الغرين في محتوى التربة (أكثر من 50%) وتزيد نسبة الطين عن (25%)، ويزداد سمكها في المناطق قليلة الانحدار عن (1) متر، وهذا مؤشر جيد من حيث مناطق انتشار هذه الترب، وسمكها ومحتوى التربة من الغرين والطين في اتخاذ القرار المكاني لانشاء مشاريع الحصاد المائي ويفضل أن تزيد نسبة الطين من محتوى التربة عن (35%) وإذا لم تتوفر التربة الطينية يمكن الاستعانة عنها بالتربة

اللومية ذات المحتوى الطيني (18-35%)، (Shatnawi, 2006, Kahind et al, 2008, Al-Adamat et al, 2010, Rao et al, 2003) .

رابعا : العوامل الجيولوجية:

- الخصائص الحالية للصخر والصدوع:

يجب أخذ خصائص الصخر الحالية بعين الاعتبار عند اتخاذ القرار المكاني إذا ما تعلق الأمر باختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي وخاصة صلابة وتماسك الصخر وأن لا يكون ذي تراكيب حاملة للماء الجوفي (Aquiterd) وأن لا يكون منفذ للماء (Aquifer) ، وانخفاض معدلات التجوية ، و يجب إقامة مشاريع الحصاد المائي فوق صخور متماسكة بعيدة ما أمكن عن الفوالق، الصدوع والشقوق بمسافة لا تسمح بنفاذ المياه نحو جوف الأرض .

خامسا : الغطاء النباتي، الطبيعي والزراعي:

يعتبر الغطاء النباتي من المعايير المهمة في اتخاذ القرار المكاني المتعلق بتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر، وبشكل عام تقلل كثافة الغطاء النباتي من الجريان السطحي نتيجة زيادة الترشيح،وبالرجوع إلى حوض الجفر نجد أن الغطاء النباتي هو غطاء فقير في معظم مناطق الدراسة باستثناء المناطق الغربية الأكثر رطوبة ويرى الباحث أن تأثير الغطاء النباتي في منطقة الدراسة على الجريان السطحي هو تأثير منخفض، ويفضل اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي عادة ضمن الأراضي الرعوية، وأن لا يتم اختياره داخل الغابات أو المحميات الطبيعية، (Munyao, 2010) ، كذلك يجب الابتعاد مسافة مقبولة عن الأراضي المخصصة للزراعة الحقلية او زراعة الأشجار المثمرة (Al-Adamat et al, 2010) .

سادسا :العوامل الاجتماعية والبشرية :

يجب أخذ العوامل الاجتماعية والبشرية بعين الاعتبار لأهميتها، فالغرض من تقييم احتمالية الحصاد المائي واتخاذ القرار المكاني هو خدمة السكان وأنشطتهم المختلفة ، وبالتالي يجب مراعاة مناطق التجمعات السكانية وإتخاذ القرار المكاني بحيث يتفق ذلك مع مواقع اعتاد السكان على ريادتها، ونشرها على أكبر مساحة ممكنة لتوفير المياه للاستعمالات السكانية المختلفة، وباعتبار الجزء الأكبر من سكان حوض الجفر يعتمدون على تربية المواشي فيجب توفير المياه لسقاية المواشي، وإقامة المحميات الرعوية التي تحتوي على الحفائر، كذلك وجود أراضي زراعية قريبة، لأن الهدف الرئيسي من إنشاء مشاريع الحصاد المائي هو خدمة المجتمع المحلي، كما يجب عدم إغفال أخذ رأي المجتمع المحلي وإشراكهم في إتخاذ القرار المكاني، بالإضافة لما سبق يجب تحديد مناطق انتشار طرق النقل بأنواعها المختلفة، والمناطق المبنية سواءً أكانت سكنية أو صناعية أو غير ذلك .

ويرى (Al-Adamat et al, (2010 ضرورة اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي على مسافة تبعد 250م عن الطرق بأنواعها . أما (Munyao, 2010) فيرى أن لا يقل بعد المسافة عن الطرق عن 30م في حالة الحفائر،أما في حالة المناطق السكنية فيجب أن لا تقل المسافة عن 250م، (Al-Adamat et al, 2010)، أما (Munyao, 2010) فيجب أن لا يقل بعد المسافة عن المناطق السكنية عن 30م .

سابعا :العوامل الاقتصادية:

تعود أهمية اختيار المواقع المناسبة لمشاريع الحصاد المائي إلى اعتبارات متعددة يمكن من خلالها تقليل التكاليف الاقتصادية للمشروع في ضل عدم توفر إمكانات اقتصادية لدى الأردن، من خلال التقليل من العمل المكاني في موقع المشروع إلى أدنى حد يوفر على الدولة دفع مبالغ طائلة لتنفيذ المشروع بالإضافة إلى الجدوى الاقتصادية من إقامة المشروع وتحقيق أهدافه في توفير المياه للأغراض المختلفة .

3:7 دور نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم احتمالية الحصاد المائي واختيار أفضل المواقع:

تعتبر عملية تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر ومن ثم اختيار أفضل المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي من القضايا المكانية التي تتطلب وجود مدخلات بحجوم وأنواع مختلفة تمثل النظم الطبيعية، الحيوية،البشريه وغيرها، حيث يعتبر(GIS) أداة إدخال، تخزين، معالجة، تحليل وعرض لحجم هائل من البيانات والمعلومات المكانية، ومن الميزات الحالية في (GIS) وجود تقنية تحديد واختيار المواقع باستخدام الخرائط التي تتناسب مع هدف أي دراسة، وهذه التقنية مفيدة في إدارة اختيار المواقع ودراسة ملائمتها للهدف المنشود .

حيث اعتمدت الدراسة على طريقة تحديد المواقع بالطريقة المتسامتة (Raster) من خلال نموذج ((Weight Linear Combination (WLC)) ، إذ تعتبر طريقة (WLC) من الطرق الرياضية المهمة والمتاحة لتحديد ووصف سلسلة المتغيرات أو المعطيات اللازمة لتحديد المكان المناسب لإقامة مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر . حيث وجدت هذه الدراسة نجاحاً كبيراً عند تطبيقها على مناطق مختلفة من العالم،و طبقت لتحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي في الصحراء السورية (البادية) حيث استخدمت تقنية (GIS) وبالتوافق مع تقنية (R.S) من أجل دراسة شبكة التصريف المائي، وتحديد المواقع الملائمة للحصاد المائي في البادية السورية . (Bakir and Xingnan, 2008)

4:7 اختيار الموقع واتخاذ القرار المكاني :

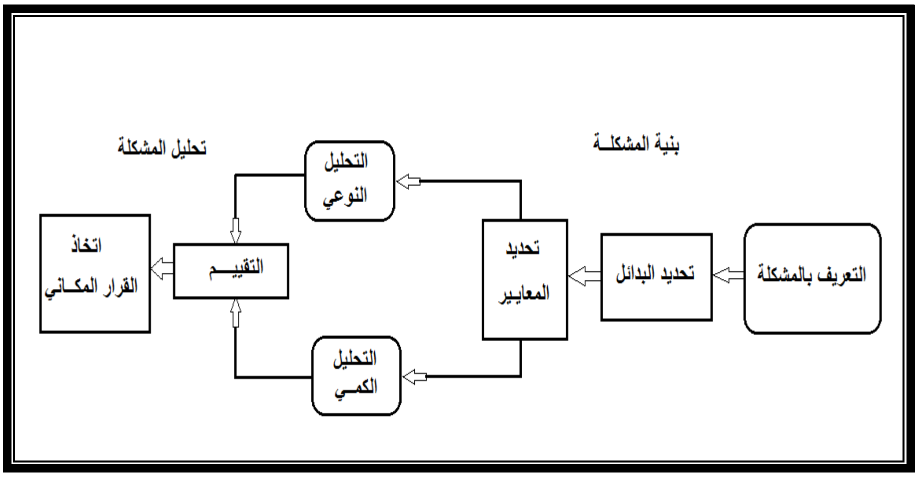
من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة والاستغلال الامثل طويل الامد لابد من التقييم الأمثل لاحتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر من خلال الدراسة الشاملة ، المتكاملة والعلمية من أجل تحديد المعايير الملائمة بيئاً والأقل خطورة على المحيط البيئي والاجتماعي، والأقل تكلفة إقتصادية على المدى البعيد لاختيار الموقع الملائم لمشروع الحصاد المائي وعدا ذلك فإن سوء اختيار الموقع سيؤدي إلى فشل المشروع والذي قد يترتب عليه آثار بيئية واجتماعية سلبية كذلك خسائر مادية في ظل الظروف الاقتصادية السيئة في بلد نام كالأردن .حيث يتضمن اختيار المواقع الملائمة لإنشاء مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر إعداد وتجهيز البيانات البيئية الطبوغرافية، الجيولوجية، الهيدرولوجية ومعلومات أخرى خاصة بالموقع . وليست الاعتبارات البيئية هي العوامل الوحيدة المحددة لاختيار الموقع ولكن قد تكون حرجة أو معيارية عند تقييم الموقع، كما يجب وزن (Weight) المتغيرات أو المحددات البيئة والتكلفة طويلة الأمد المرتبطة مع الإدارة البيئية والمراقبة مع بقية العوامل في منطقة الدراسة ، وحتى تتم هذه الآلية في إطارها التقييمي العام فإنها تبدأ بسلسلة من عمليات التصفية (Sieves) وذلك للحصول على آلية لتحديد مستوى مقبول من المخاطر البيئية المرتبطة بأي موقع، . (NSWS , 2000)

وبالتالي يعتبر (GIS) تقنية تسهل عملية اتخاذ القرار المكاني، ناهيك عن اعتبار عملية اتخاذ القرار المكاني باستخدام (GIS) عملية متسلسلة أو متتالية على النحو التالي :

6- تحديد مشكلة القرار (الهدف) .
7- تحديد مجموعة المعايير التي ستستخدم .
8- وزن المعايير والبدائل التي ستنتج عنها.
9- تطبيق أدوات أو قواعد القرار.
10- التوصية بالحل الأمثل للمسألة أو المشكلة .

(Maguire et al, 1991)

لذلك تؤدي عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) إلى اتخاذ القرار المكاني الانسب في اختيار المواقع الأفضل لمشاريع الحصاد المائي والتي يتم إعدادها من خلال التقييم المكاني متعدد المعايير ، (Spatial Multi-criteria Evaluation) (SMCE). كما تقوم (AHP) على دعم اتخاذ القرار والتخطيط الذي يؤدي إلى إمكانية إنجاز و تحليل البيانات المكانية ، (Sharifi et al, 2004) .ويمكن توضيح التسلسل الهرمي لاتخاذ القرار المكاني من خلال الشكل (102) .



الشكل(102) عملية التسلسل الهرمي التحليلي
(Malczewski, 1999)

1:4:7 تحديد المشكلة والقرار المكاني:

تعتبر عملية التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر محدودة في الوقت الحاضر وبالتالي يجب التوسع في إنشاء مشاريع الحصاد المائي للاستخدامات المحلية (Domestic)والزراعية (Agricultural)، كذلك من أجل تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة (Sustainable Social and Economic Growth)، وبالتالي تحديد المشكلة كجزء من تقييم المواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي الكبيرة (Macro) والصغيرة (Micro) من أجل تحسين الوضع المائي مع المحافظة على النظام البيئي في منطقة الدراسة .

2:4:7 وزن المعايير (Weighting of Criteria) :

للمعايير المتعددة أهمية متباينة، وبالتالي يجب تحديد مقدار أو وزن خاص لكل معيار يعكس أهميته مقارنة ببقية المعايير التي يجب أخذها بالاعتبار، أما قيمة الوزن فلا تدل على قيمة أي معيار ولكنها تبين أهمية هذا المعيار مقارنة بالمعايير الأخرى علماً بأن الوزن يختلف للمعيار نفسه في حال وجد في دراسة أخرى (Husdal, 2002) . وتعتبر طريقة الرتب (Ranking Method) من أفضل طرق الوزن حيث يتم حساب عدد كافة المعايير ومن ثم ترتيبها حسب الأهمية ، فمثلاً إذا كان عدد المعايير (10) فإن أهم عامل يعطى الوزن (10) والذي يليله بالأهمية يعطى الوزن (9) وهكذا حتى نصل إلى العامل الأقل أهمية فيعطى الوزن الأخير (1) . وتستخدم طريقة مجموع الرتب (The Rank Sum Method) لحساب الوزن (Wk) للمعيار (K) كما في المعادلة التالية:

$$W_k = \frac{n+1-k}{\sum_{i=1}^{n}(n+1-i)}$$

حيث تمثل (n) عدد المعايير ، (K) المعيار و (i) فاعلية المعيار ، (Janssen et al, 1994) .

وبعد أن يتم جمع البيانات الملائمة لمنطقة الدراسة يجب تقييم المعايير الممكنة أو المتاحة وذات القيمة في تحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي الملائمة من أجل عمل خرائط تتعلق بهذه المعايير كخطوة تالية ، والتي ستستخدم في المرحلة النهائية في بناء النموذج الذي سيكون الأساس في تقييم احتمالية الحصاد المائي واختيار أنسب المواقع من أجل إقامة مشاريع الحصاد المائي من خلال المطابقة (Overlay) بين الخرائط الموضوعية المرتبطة بكل معيار (Criterion) .

5:7 معايير دعم القرار المكاني من أجل تحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي في حوض الجفر:

1:5:7 تقدير أوزان المعايير في حوض الجفر :

قام الباحث بعملية الوزن للمعايير من خلال تحديد مجموعتين من المعايير، حيث أعطي كل معيار في كل مجموعة وزناً خاصاً به، وقد اعتمد الباحث على عملية التقسيم على مدى الملائمة لكل معيار ، فقد أخذت المعايير: المعدل السنوي للأمطار ، معامل الجريان السطحي، الموازنة المائية، الانحدار، استعمالات الأرض ونسيج التربة أربع درجات ملائمة هي : ((4)ملائم جدا، (3)ملائم ،(2) متوسط الملائمة،(1) غير ملائم)) وبالتالي فقد تم وضعها في مجموعة واحده ، واعتبر معدل الأمطار السنوي اكثر المعايير اهمية وأعطي الوزن (6)، وانتهت بأقلها أهمية في هذه المجموعة وهو نسيج التربة وأعطي الوزن (1)، الجدول (35) ، وعلى هذا الأساس قام الباحث بإعادة تصنيف الخرائط الخاصة بهذه المجموعة بناءاً على الأوزان الخاصة بها .

أما المجموعة الثانية فقد انحصرت درجة الملائمة في حالتين إما أن تكون ملائمة أو أن تكون غير ملائمة،أي (1) ملائمة أو (صفر) غير ملائمة،الجدول(36) .

2:5:7 تقديرات الملائمة والأوزان للمعايير :

تعتمد تقديرات الملائمة والأوزان على أهمية العامل الذي يؤثر في اختيار موقع المشروع والتي صنفت من قبل منظمة الفاو (FAO, 1977) ، والتي تمثل مجالات الملائمة الأرضية لتحديد الاستخدامات، وطبقت هذه المنهجية من قبل (Hajek and Boyd, 1994, Aguilar-Manjarrez and Ross, 1995, Salam et al, 2003, Shatnawi, 2006, Munyao, 2010, Al-Adamat et al, 2010 and others) .

كما تم تأويل أو تفسير أصناف الملائمة (Suitability Classes) لكل عامل، حيث صنف كل معيار على مقياس من (1-4) كما هو الحال في المجموعة الأولى ،على النحو الآتي:

1.غير ملائم (Unsuitable)

2.متوسط الملائمة (Moderately Suitable)

3.ملائم (Suitable)

4.ملائم جدا (Highly Suitable) حيث تمثل هذه الحالة الحد الأدنى للوقت والاستثمار المطلوب .

أما المجموعة الثانية فقد صنفت على مقياس (صفر،1) أي ملائم أو غير ملائم .

الجدول (35) أوزان معايير المجموعة الأولى

الرقم	المعيار (Criterion)			التصنيف	الوزن (Weight)	المرجع
1	المعدل السنوي للأمطار (ملم)	درجة الملائمة	4	200 ≤	6	الباحث
			3	200 > 100 ≤		
			2	100 > 50 ≤		
			1	50 ≥		
2	معامل الجريان السطحي السنوي (%)	درجة الملائمة	4	10 ≤	5	الباحث
			3	10> 7 ≤		
			2	7> 5 ≤		
			1	5 ≥		
3	الموازنة المائية (ملم)	درجة الملائمة	4	75 ≤	4	الباحث
			3	75> 25 ≤		
			2	25> صفر ≤		
			1	صفر ≥		
4	الانحدار (%)	درجة الملائمة	4	3>	3	(Munyao, 2010, (UNEP, 2005, Musa et al, 2009, Joennifer, 2007, Al-Adamat et al, 2010)
			3	5> 3 ≤		
			2	10> 5 ≤		
			1	10<		
5	استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي	درجة الملائمة	4	المناطق الرعوية،صخور معراة،الاودية الرئيسية	2	(Al-Adamat et al, 2010), الباحث
			3	التربة المعراه، اراشي المحاصيل الحقلية والخضروات		
			2	السطوح الصوانية، الاراضي البازلتية ، الاراضي الرديئة		
			1	التجمعات السكنية والمناطق المبنية ،الغابات،اراضي الاشجار المثمرة، المحاجر،الاراضي الرملية،المسطحات الرسوبية الجافة والرطبة		

الرقم	المعيار (Criterion)		التصنيف		الوزن (Weight)	المرجع
6	نسيج التربة (المحتوى الطيني (%)	درجة الملائمة	4	35 ≤	1	(Al-Adamat et al, 2010, yang Yi, 2003, Kahind et al, 2008)
			3	35 > 18≤		
			2	18 > 10 ≤		
			1	10 >		

الجدول (36) أوزان معايير المجموعة الثانية

الرقم	المعيار (Criterion)		التصنيف		الوزن (Weight)	المرجع
1-أ	البعد عن الاودية (م) الحفائر	درجة الملائمة	1	500≥50<	6	(Al- Adamet et al, 2010, Al-Shatnawi, 2006, NCSAS, 2000)
			صفر	50≥ صفر <		
1-ب	البعد عن الاودية (م)(السدود)	درجة الملائمة	1	50≥ صفر <	6	(Al-Adamat et al, 2010, Al-Shatnawi, 2006, NCSAS, 2000)
			صفر	50≤		
2	البعد عن الصدوع (م)	درجة الملامة	1	500<	5	(Al-Adamat et al, 2010)
			صفر	1000 ≥		
3	البعد عن المناطق السكنية (م)	درجة الملائمة	1	250 <	4	(Al-Ademat et al, 2010, Yang Yai, 2003)
			صفر	250 ≥		
4	البعد عن طرق النقل البرية (م)	درجة الملائمة	1	250 <	3	(Al-Adamat et al, 2010, Yang Yai, 2003)
			صفر	250 ≥		
5	البعد عن الآبار (م)	درجة الملائمة	1	500 <	2	(BGR, 2012)
			صفر	500 ≥		
6	التكوين الصخري	درجة الملائمة	1	B3 (Muwaqqar)	1	الباحث
			صفر	B4 / 5 (Rijan), Kurnub, A1/16, B2/A7 (Amman /wadi Sir), B4 (Rigjan)		

3:5:7 تحليل الحساسية للمعايير (Sensitivity Analysis) :

أنجز تحليل الحساسية لتقييم مدى التغيير الذي يحدثه تأثير وزن المعاييرعلى اختيار الموقع المحتمل لمشاريع الحصاد المائي (The RWH Potential site Selection) ، حيث تم انجاز تقييم حساسية القياسات (Parameter Sensitivity Evaluation) من خلال تطبيق أوزان مختلفة للمعايير من أجل اتخاذ القرار المكاني . وتشير حساسية العامل أو مجموعة العوامل الى التغير في مدى الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي على النحو الآتي :

1. الأهمية للعامل او مجموعة العوامل في عملية اختيار الموقع للحصاد المائي (RWH).
2. تحديد مستويات الشكوك في الطبقات (الخرائط) الموضوعية المختلفة، وتحديد القياسات المطلوبة من أجل اختبار عالي الدقة يضمن أيضا دقة عالية في نموذج الحصاد المائي (RWH Model). كما أنجز تحليل الحساسية للمساعدة في تحديد الخرائط (الطبقات) المكانية التي تعتبر حرجة (Critical) من اجل التحديد الدقيق للامتدادات المكانية وملائمتها للحصاد المائي (RWH) من خلال تقييم تأثير تغيرات المدى المكاني (Special Extent) بواسطة تغيير الأوزان المحددة لمجموعة العوامل في جدول المعايير السابق . كما تم فحص درجة الملائمة والمدى الحقيقي لتباين الأوزان باستخدام طريقة المفاضلة (Pair-wise Comparison Method) وبعد ذلك أعيد صياغتها لكل زوج من العوامل لتحديد العامل الأكثر أهمية ، وتعتمد هذه الطريقة على تغيير الأوزان المحددة لكل معيار في كل مجموعة على ست مراحل ، حيث يأخذ كل معيار في كل مرحلة وزنا مختلفا حتى تتم عملية المفاضله وتحديد مدى تأثير كل معيار في اتخاذ القرار المكاني على النحو التالي : يأخذ المعيار في المرحلة الأولى الوزن (6) ، المرحلة الثانية الوزن (5) ، الثالثة الوزن (4)، الرابعة الوزن (3) الخامسة الوزن (2) والسادسة الوزن (6) وهذا ما ينطبق على جميع المعايير في كلتا المجموعتين .

6:7 إنتاج الخرائط الموضوعية لتحديد مواقع مشاريع الحصاد المائي :
(Thematics Map Development for Water Harvesting Sites Selection)

- المجموعة الأولى :

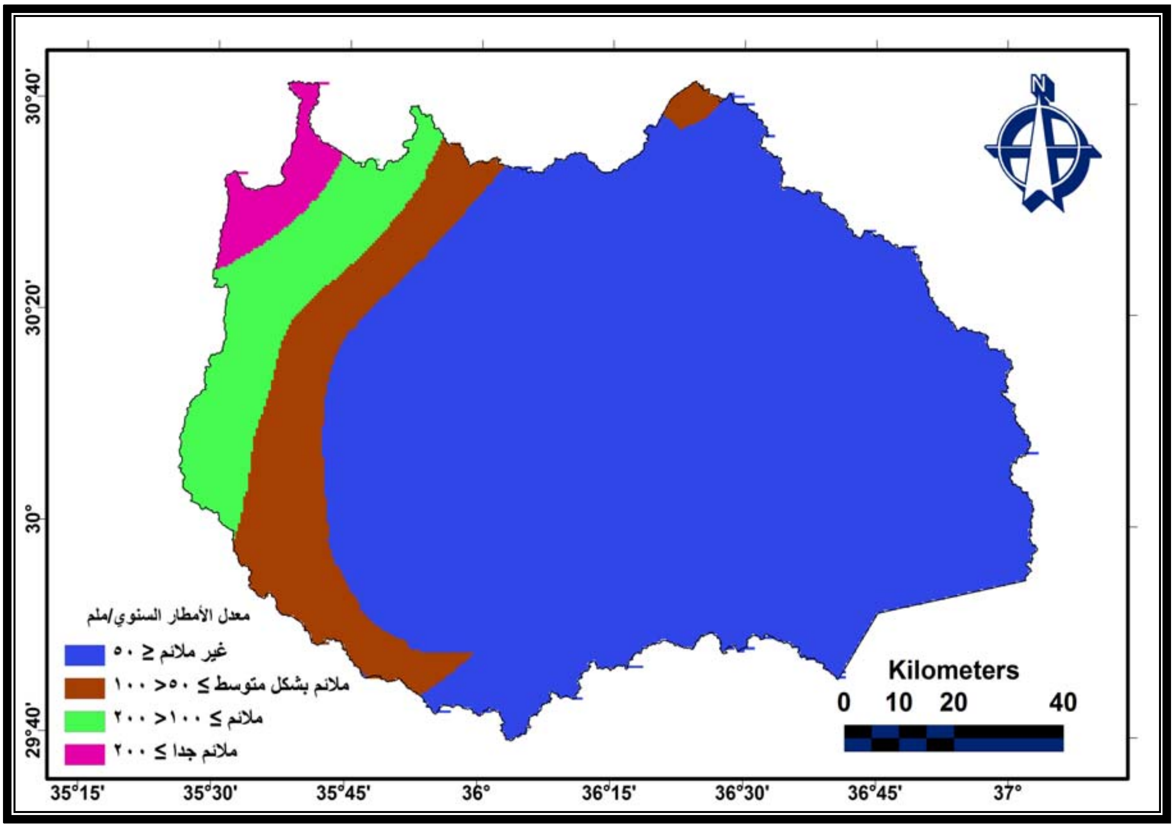
- تتضمن هذه المرحلة إعداد وإنشاء الخرائط الموضوعية التالية :

1- خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بمعدلات الأمطار السنوية بمنطقة الدراسة:

حيث تم تصنيف منطقة الدراسة إلى أربعة نطاقات من حيث مدى ملائمتها لاختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي على النحو الآتي :

1. ملائمة جدا ≥ 200 ملم
2. ملائمة ≥ 100 < 200ملم
3. متوسطة الملائمة≥ 50 < 100ملم
4. غير ملائمة ≥ 50 ملم ، الشكل (103) .

ويعتمد هذا التصنيف الذي اعتمده الباحث ورأى فيه الإمكانية في اختيارالمواقع ذات الجدوى الاجتماعية والاقتصادية على نتائج تحليل الحساسية باستخدام طريقة المفاضلة-Pair) wise Comparison Method) ، حيث تبين من خلال هذه الطريقة أن معدلات الأمطار من أكثر العوامل تأثيرا وفعالية في نموذج تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر ، كما اعتمد على نتائج الموازنة المائية والتي تم التوصل اليها سواء باستخدام نموذج (TM)، أو باستخدام طريقة (SCS-CN Method)، كذلك نتائج استخدام طريقة (SCS-CN) في تقدير عمق الجريان السطحي في حوض الجفر، وهنا يجب الإشارة الى ضرورة عدم اغفال المناطق التي يقل فيها المعدل السنوي للأمطار عن (50 ملم) ردا على ما اشاراليه (Al-Kharabsheh, 1995) والذي رأى في ضرورة إهمال (Neglected) النطاقات التي يقل فيها المعدل السنوي للأمطار عن (50 ملم) وذلك لطبيعة التساقط المطري في هذه المناطق – على شكل عواصف مطرية غزيرة خلال فترات زمنية قصيرة – وذلك لامكانية الاستفادة منه في إقامة الحفائر أو المحميات الرعوية التي تستفيد من التساقط المطري وإن كان قليلاً أو حتى نادراً، كما يعتبر (Sharda et al, 2006) أن المناطق التي يقل فيها المعدل السنوي للأمطار عن (100 ملم) غير مجدية اقتصادياً ما لم يكن الحوض المائي كبير المساحة، وهذا ينطبق على منطقة الدراسة والتي تمتاز بوجود أحواض مائية ثانوية (Sub-Basin) كبيرة المساحة، وبالتالي يمكن الاستفادة من هذه الكميات في إقامة مشاريع للحصاد المائي، ويزداد مدى الملائمة كلما زاد المعدل السنوي للأمطار عن 100 ملم، وبالتالي فقد احتل هذا المعيار المرتبة الأولى و أعطي الوزن (6) .



الشكل(103) تصنيف مدى ملائمة الامطار لاقامة مشاريع الحصاد المائي
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

2.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بمعامل الجريان السطحي :

تعتبر عملية التقييم لبيانات الأمطار- الجريان السطحي (Rainfall-Runoff Data) هامة جداً في تقييم احتمالية الحصاد المائي، واختيارالمواقع المناسبة لمشاريع الحصاد المائي من أجل استقصاء الحقائق المتعلقة بمنطقة الدراسة، حيث سجل أعلى معامل للجريان السطحي (The Highest Runoff Coefficient) في محطات القويرين البسطة، الصداقة، الشوبك، حيث بلغت قيمة معامل الجريان 12.33%، 12.27%، 11.3% و 10.6% على التوالي، في حين بلغت أدنى قيم لمعامل الجريان في محطات أبو طرفة، الجفر، قبر الصوا حيث بلغت قيمة معامل الجريان 0.5، 0.6، 0.7 على التوالي، الجدول (37) .

الجدول (37) معامل الجريان السطحي في حوض الجفر

المحطة	معامل الجريان السطحي (%)
أبو طرفة	0.5
أذرح	7.1
بسطة	12.3
الجفر	0.6
الشوبك	10.6
الصداقة	11.3
العناب	1.7
القويرين	12.33
جبل البتراء	6.7
جبل قزيمة	1.7
قبر الصوا	0.7
كـــــبد	1.2
معـان	1.4

(المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على نتائج تطبيق طريقة (SCS-CN))

وعادة ما تولد العواصف المطرية الشديدة جريانا سطحيا كبيرا يرافقة ارتفاع في قيمة معامل الجريان،كما تنخفض معاملات الجريان السطحي (Runoff Coefficients) مع انخفاض كميات الأمطار، فعلى سبيل المثال تتراوح قيمة معامل الجريان ما بين5.4% في السنوات الرطبة إلى 2% في السنوات الجافة في حوض الموجب مثلا ،(Alraggad, 2009).

أما في منطقة الدراسة فوجد الباحث على سبيل المثال لا للحصر أن معامل الجريان السطحي في محطة معان في السنة الرطبة 1998/1997 بلغ حوالي 13% لينخفض في السنة الجافة 1993/1992م إلى صفر، أما في محطة الشوبك فوجد الباحث أن قيمة معامل الجريان في السنة الرطبة 1992/1991م حوالي 14%، وفي السنة الجافة 2000/1999م حوالي 2.3%، في محطة القويرين بلغ معامل الجريان في السنة الرطبة 1989/1988م حوالي 20.4%، وفي السنة الجافة 2009/2008م بلغ 1%، بناءاً على ما تقدم يمكن اعتبار معامل الجريان معياراً ذا أهمية بالغة في تقييم احتمالية الحصاد المائي وبالتالي اختيارأنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي بناءا على نتائج تحليل وتقييم الحساسية باستخدام طريقة المفاضلة .

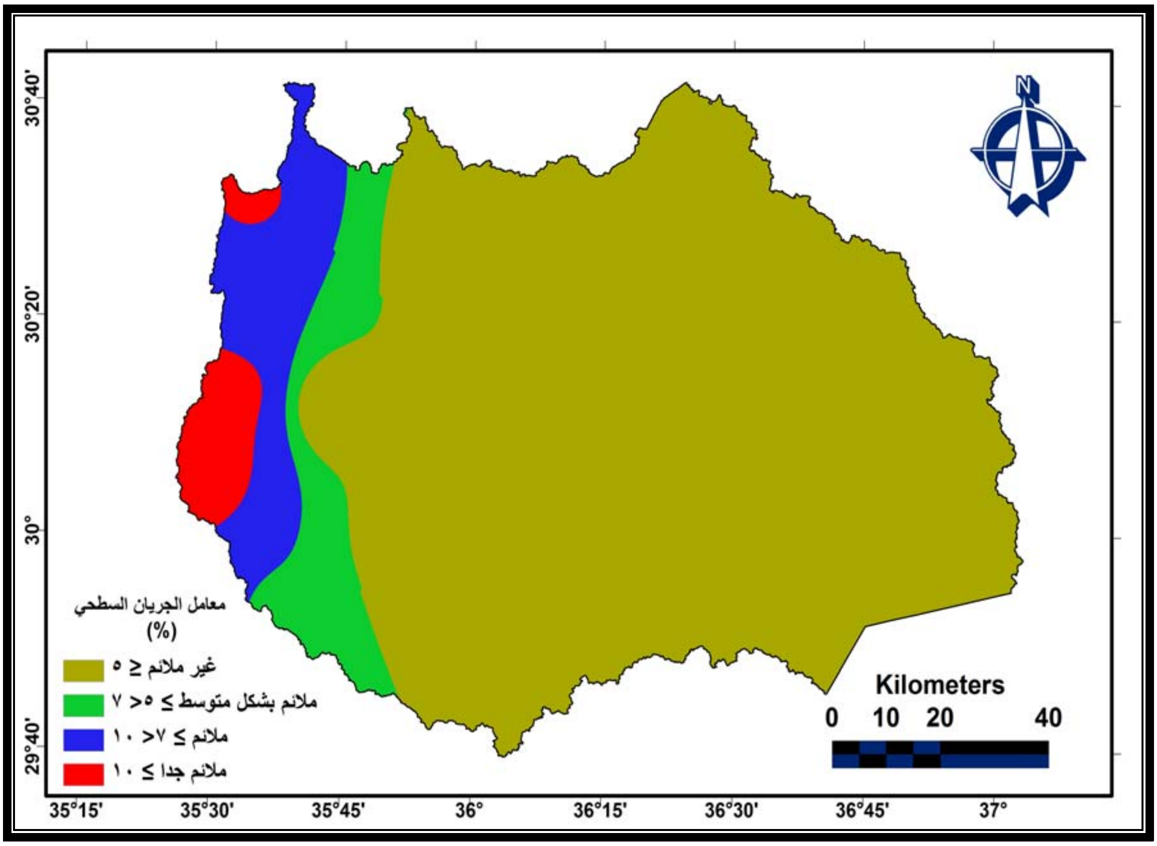
ونظراً لأهمية معامل الجريان السطحي فقد أعطي المرتبة الثانية والوزن (5)،وتم تصنيف مدى الملائمة المتعلق بمعامل الجريان على النحو الآتي :

1.ملائمة جدا ≤ 10%

2.ملائمة ≤ 7 <10%

3.متوسطة الملائمة≤ 5 <7%

4.غير ملائمة ≥5%   ،   الشكل(104) .



الشكل(104) تصنيف مدى ملائمة معامل الجريان لاقامة مشاريع الحصاد المائي
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

3. خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالموازنة المائية :

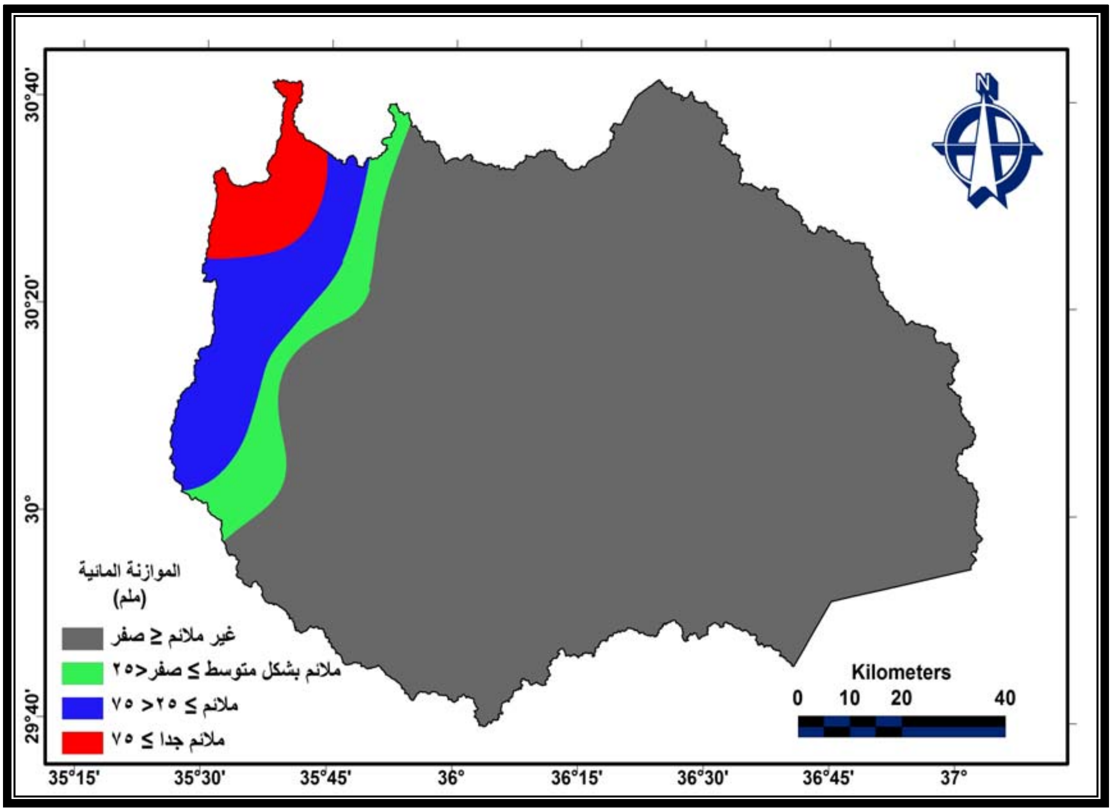
تمثل عملية تقدير الموازنة المائية وبالتوافق مع استخدام (GIS&R.S) قواعد أساسية لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر بالاعتماد على الفائض أو العجز المائي ، وبالتالي فقد تم تصنيف مدى ملائمة حوض الجفر لاقامة مشاريع الحصاد المائي بالاعتماد على نتائج الموازنة المائية على النحو الآتي :

1. ملائمة جدا ≤75ملم

2. ملائمة ≤ 25 <75ملم

3. متوسطة الملائمة≤صفر <25ملم

4. غير ملائمة ≥صفر   ،   الشكل(105) .



الشكل(105) تصنيف مدى ملائمة الموازنة المائية لاقامة مشاريع الحصاد المائي
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

ونظراً لأهمية معيار الموازنة المائية في تقييم احتمالية الحصاد المائي واختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي والمبنية على نتائج تحليل الحساسية فقد احتل معيار الموازنة المائية المرتبة الثالثة وأعطي الوزن (4).

4.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلق بالانحدار:

يفضل ان لا يزيد الانحدار عن 5% عند اختيار المواقع الملائمة لمشاريع الحصاد المائي باعتبارهذه النطاقات تمثل المناطق الملائمة لاتخاذ هذا النوع من القرارات المكانية، وإن كان يفضل إقامتها في المناطق التي يقل فيها الانحدار عن 2%، وبشكل عام تعتبر المناطق ذات الانحدار اللطيف إلى المستوي هي الأفضل والأكثر ملائمة لاتخاذ القرار المكاني المتعلق باختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي (BGR, 2012).

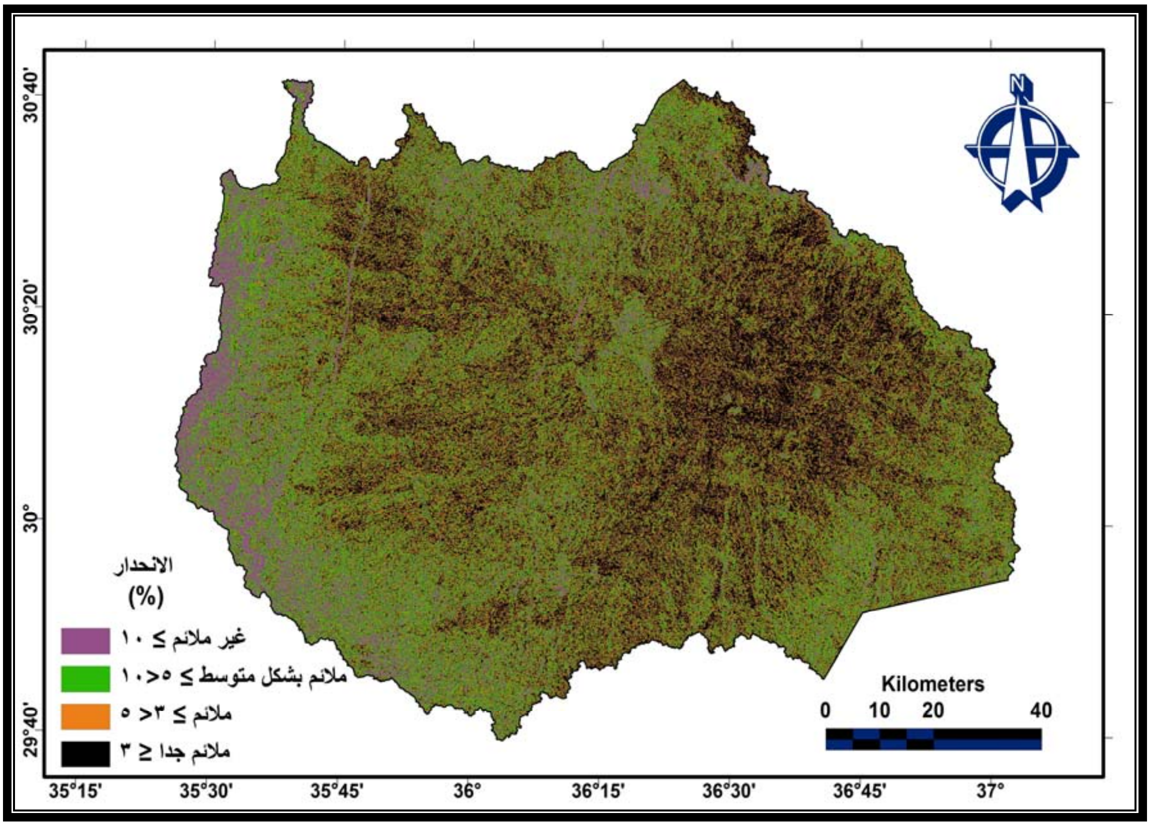
وفيما يتعلق بمنطقة الدراسة فقد قام الباحث بتحديد أربعة نطاقات ملائمة للانحدار تتضمن:

1.ملائمة جدا <3%

2.ملائمة ≤ 3 <5%

3.متوسطة الملائمة≤ 5 <10

4.غير ملائمة >10 ، الشكل(106) .



الشكل(106) تصنيف مدى ملائمة الانحدار لاقامة مشاريع الحصاد المائي

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

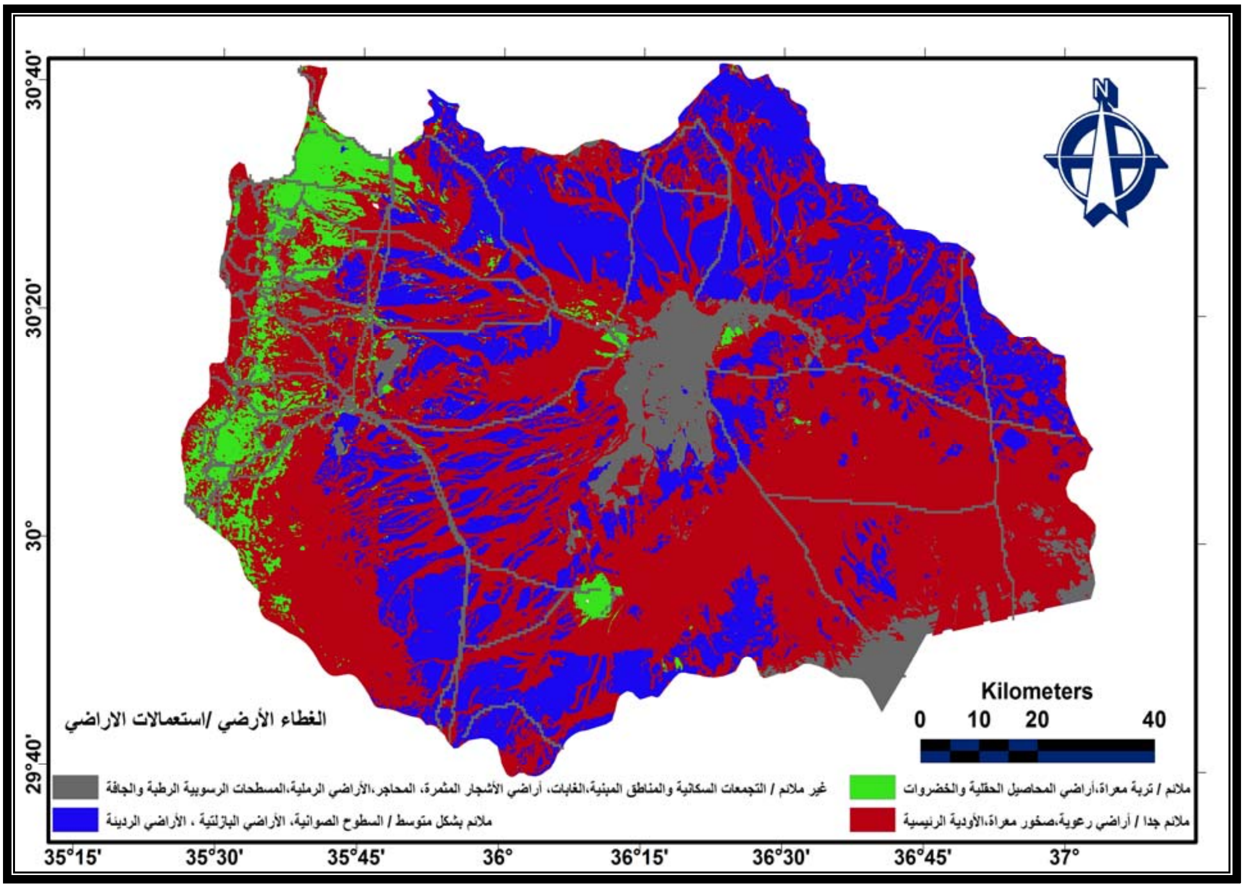
ونظراً لأهمية معيار الانحدار في تقييم احتمالية الحصاد المائي واختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي ، وبناءا على نتائج تحليل الحساسية فقد احتل الانحدار المرتبة الرابعة وأعطي الوزن (3).

5.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلق باستعمالات الأراضي والغطاء الارضي :

تعتبر الاستعمالات الأرضية والغطاء الأرضي من المعايير الرئيسية لتحديد مدى ملائمة سطح الأرض لإقامة مشاريع الحصاد المائي،حيث يفضل استثناء المناطق السكنية أو المبنية عند اتخاذ القرار المكاني المتعلق باختيار أفضل المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي ويفضل أن تبعد هذه المشاريع مسافة تزيد عن 250م من المناطق السكنية باعتبارها من المحددات التي يفضل عدم إقامة هذه الأنواع من المشاريع ضمنها، ولتحقيق الأهداف الاقتصادية والاجتماعية من الحصاد المائي يفضل إقامة المشاريع ضمن المناطق الرعوية، أو ضمن مناطق الصخور المعراه مع مراعاة الخصائص الجيولوجية والبنيوية لهذه الصخور حتى لا يتم فقدانها بالرشح نحو باطن الأرض وخاصة وأن الهدف منها هو تخزين المياه وليس حقن المياه الجوفية، أو يفضل ولكن بدرجة أقل إقامة هذه المشاريع ضمن مناطق الزراعة الحقلية كزراعة الحبوب وغيرها، ونظراً لأهمية هذا المعيار التي حددت من خلال تحليل الحساسية باستخدام طريق المفاضلة فقد احتل

المرتبة الخامسة، وأعطي الوزن (2)، وتم تصنيف مدى ملائمة استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي لاختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي على النحو الآتي:

1. المناطق الملائمة جدا: المناطق الرعوية،الصخور المعراة،الاودية الرئيسية .
2. المناطق الملائمة: التربة المعراه، اراضي المحاصيل الحقلية والخضروات .
3. المناطق متوسطة الملائمة: السطوح الصوانية، الاراضي البازلتية ، الاراضي الرديئة .
4. المناطق الغيرالملائمة:التجمعات السكنية والمناطق المبنية،الغابات،اراضي الاشجارالمثمرة، المحاجر،الاراضي الرملية،المسطحات الرسوبية الجافة والرطبة ،الشكل(107) .



الشكل(107) تصنيف مدى ملائمة استعمالات الاراضي/الغطاء الارضي

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

6.نسيج التربة (المحتوى الطيني %) (Soil Texture (Clay %) :

يفضل تحديد نسيج التربة من أجل تقييم الحوض المائي لغايات اتخاذ القرار المكاني المتعلق بتحديد مدى ملائمة حوض الجفر لإقامة مشاريع الحصاد المائي، حيث يفضل أن تكون التربة طينية (Clay) أو ترب ذات محتوى طيني عالي اذا كان الغرض من إقامة مشاريع الحصاد المائي هو تخزين المياه، أما اذا كان الغرض حقن الآبار الجوفية (Recharge Ground Water) فيفضل أن ترفع نسبة الرمل (Sand) في التربة حتى يسمح ذلك بمرور

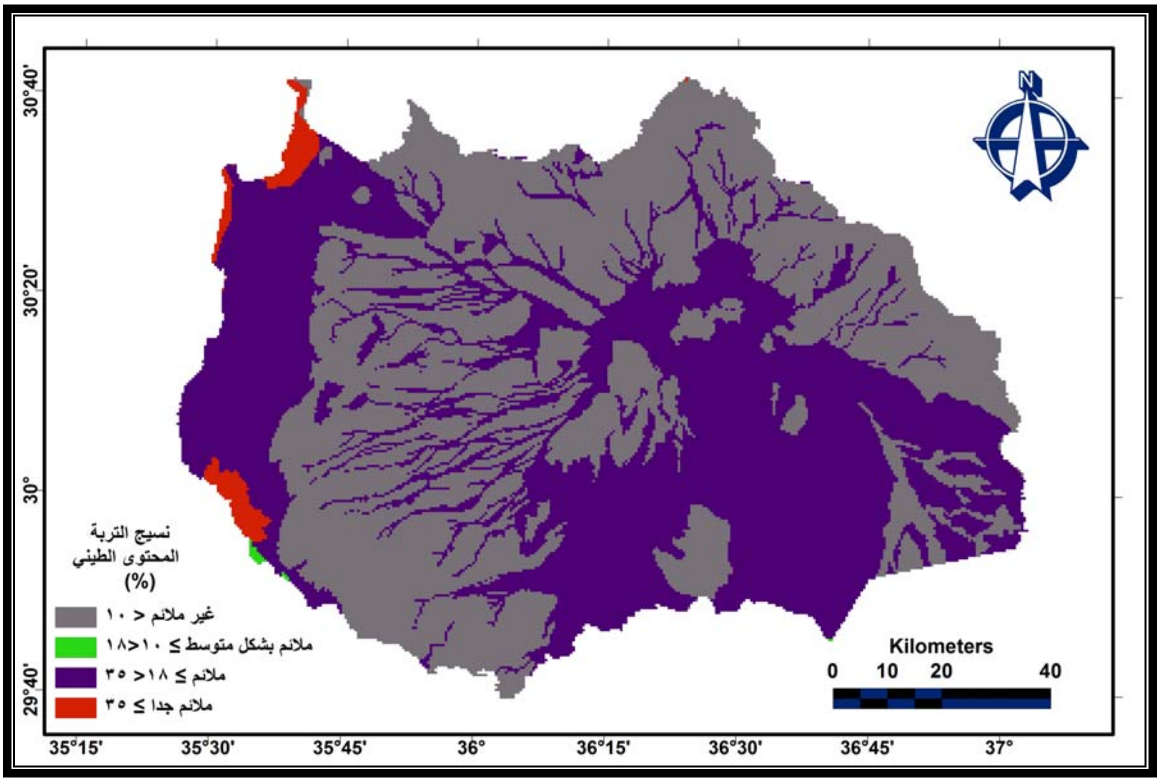
المياه عبر جزئيات التربة إلى أسفل باتجاه المياه الجوفية، ويزداد مدى الملائمة كلما ازداد المحتوى الطيني، وبناءا على نتائج تحليل الحساسية فقد تم تصنيف منطقة الدراسة حسب نسيج التربة (المحتوى الطيني%) على النحو الآتي:

1- المناطق الملائمة إلى حد كبير ≤ 35% : (Clay)

2- المناطق الملائمة: ≤ 18 <35 : (Clay Loam to Silty Clay Loam, Clay Loam, Loam to Silty Loam, Silty Clay Loam, Sandy Clay Loam)

3- المنانطق متوسطة الملائمة : ≤ 10 < 18 : (Loam Sand)

4- المناطق غير الملائمة : (Sandy Loam, Sand Loam to sand clay loam) ، الشكل(108) .



الشكل(108) تصنيف مدى ملائمة نسيج التربة(المحتوى الطيني)

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

كما تم تحديد نسيج التربة ومقدار الرشح لكل نوع ، حيث يقل الرشح مع ارتفاع نسبة الطين في التربة ، وبناءً على نتائج تحليل الحساسية باستخدام طريق المفاضلة فقد احتل هذا المعيار المرتبة السادسة، وأعطي الوزن (1) .

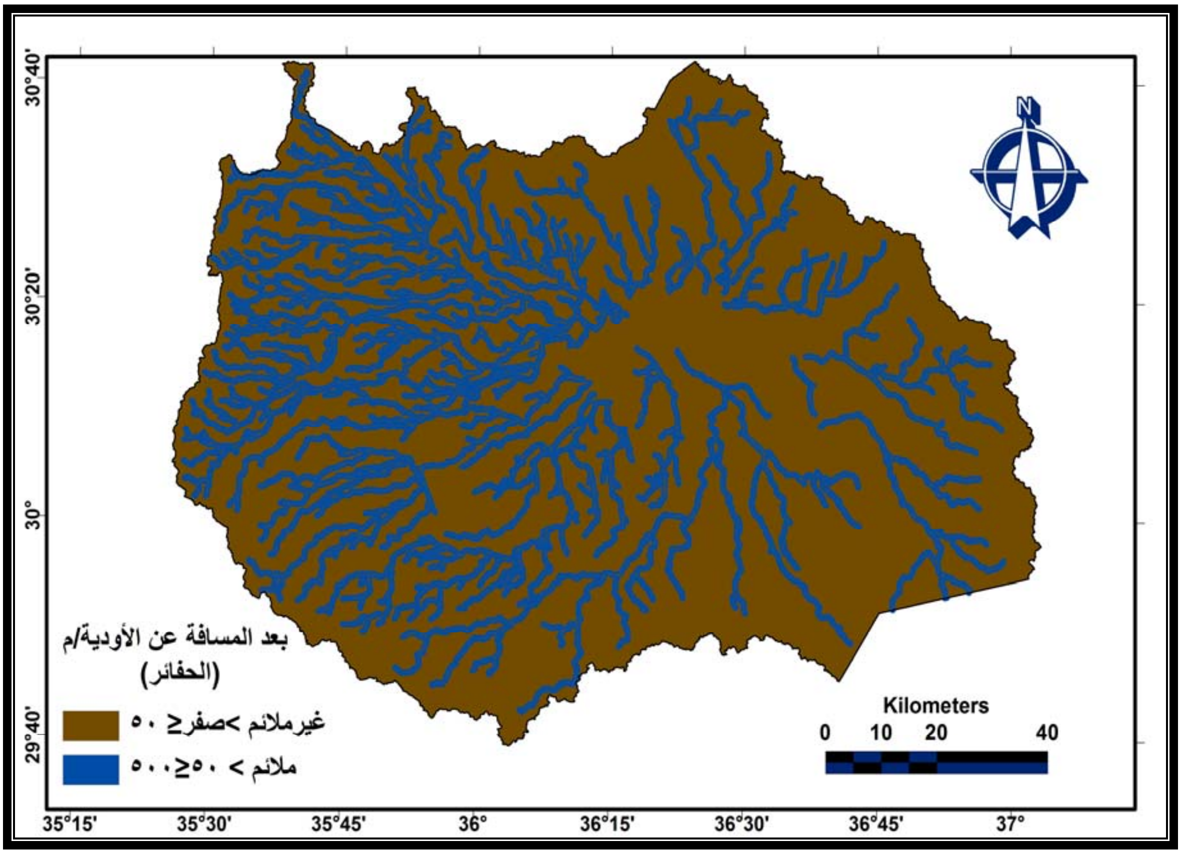
- المجموعة الثانية :

- تتضمن هذه المرحلة إعداد وإنشاء الخرائط الموضوعية التالية :

1- أ: خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالبعد عن الوادي في حالة الحفائر:

تعتبر عملية تحديد المسافة أو البعد عن الوادي معيارا هاما جداً عند إتخاذ القرار المكاني لاختيار أنسب المواقع لإقامة الحفائر، بحيث يتم مراعاة حجم المياه التي سيتم تجميعها والغرض من إقامتها، بالإضافة إلى إطالة عمر الحفيرة بحيث لا تكون حيزا لتجميع الرواسب وبالتالي قصر عمرها، بمعنى أن لا يتم اختيار حوافها على الأودية مباشرة وأن تبعد مسافة لا تقل عن50م من الوادي وأن لا تزيد المسافة عن 500م حتى لا يكون هناك تكاليف اقتصادية أو عوائق لجر المياه لمسافة طويلة ، ومن هذا المنطلق فقد تم تحديد النطاق الذي يفضل إقامة الحفائر فيه(50-500م) من الوادي وفي كلا الاتجاهين، ونظراً لأهمية هذا المعيار فقد احتل المرتبة الاولى في المجموعة الثانية ، وأعطي الوزن (1)، وتم تصنيفها على النحو التالي:

1. ملائم > 50 ≥ 500
2. غير ملائم > صفر ≥ 50 ، الشكل(109) .



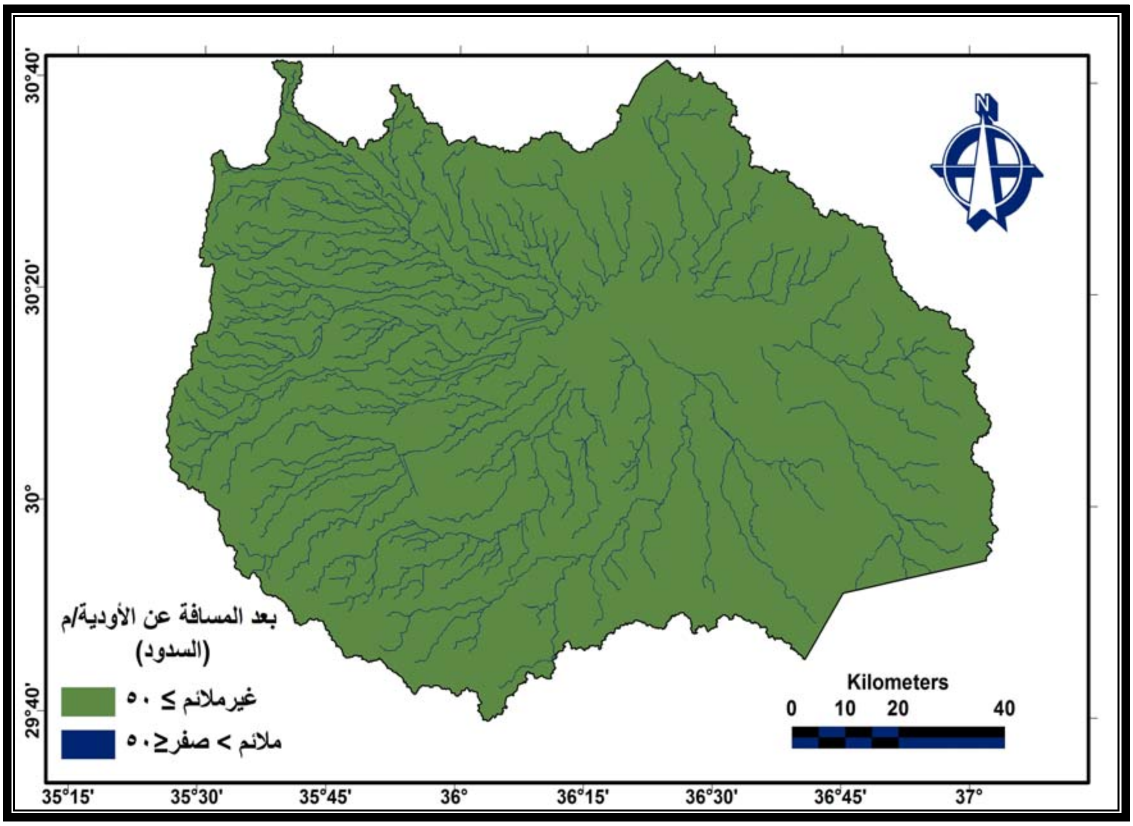
الشكل(109) تصنيف مدى الملائمة المتعلق ببعد المسافة عن الوادي(الحفائر)

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

1- ب: خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلق بالبعد عن الوادي في حالة السدود:

يفضل بشكل عام أن تكون مواقع السدود على الاودية مباشرة أو ضمن مسافة لا تزيد عن 50م من الوادي، (AL-Adamat et al, 2010)، ويعد ذلك من الأمور التي يتم مراعاتها عند تصميم السدود وبنائها للاستفادة من الجريان السطحي لزيادة السعة التخزينية (Storage Capacity) للسدود مع مراعاة المقطع العرضي للوادي، والتقليل من وصول الرواسب إلى قاع السد، وبالتالي فقد احتل هذا المعيار المرتبة الاولى، وأعطي الوزن (6)، ومن هنا صنف هذا المعيار على النحو الآتي:

1. ملائم > صفر ≤50م
2. غير ملائم ≤ 50م ، الشكل (110) .

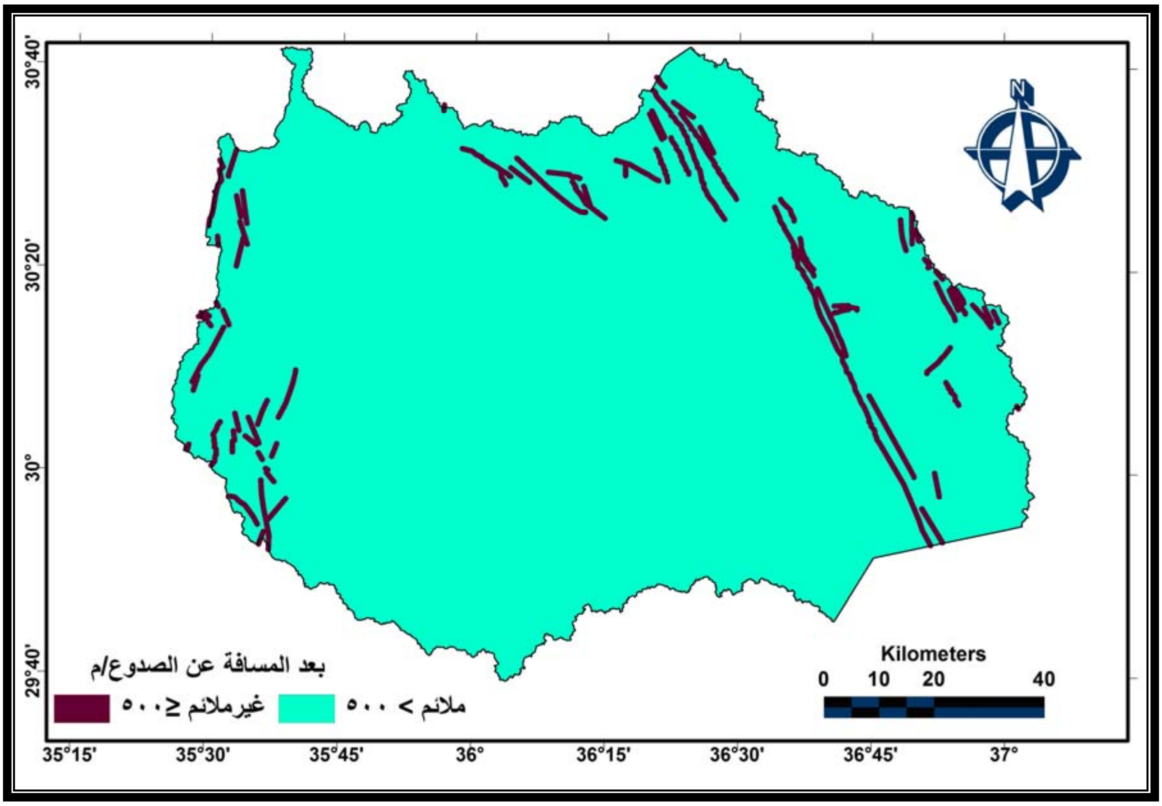


الشكل(110) تصنيف مدى الملائمة المتعلق ببعد المسافة عن الوادي(السدود)
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

2.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالصدوع :

من أجل تحسين التخزين المائي من خلال إقامة مشاريع الحصاد المائي يجب أخذ الخطوط الصدعية بعين الاعتبار من خلال تحديد مسافة آمنة تضمن عدم ضياع المياه الجارية من خلال الشقوق الصدعية، بحيث لا تقل هذه المسافة عن(500م)، وبالتالي فقد احتل هذا المعيار المرتبة الثانية، وأعطي الوزن (5)، ويمكن تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالصدوع على النحو الآتي:

1. ملائم > 500
2. غير ملائم ≤ 500 ، الشكل(111) .

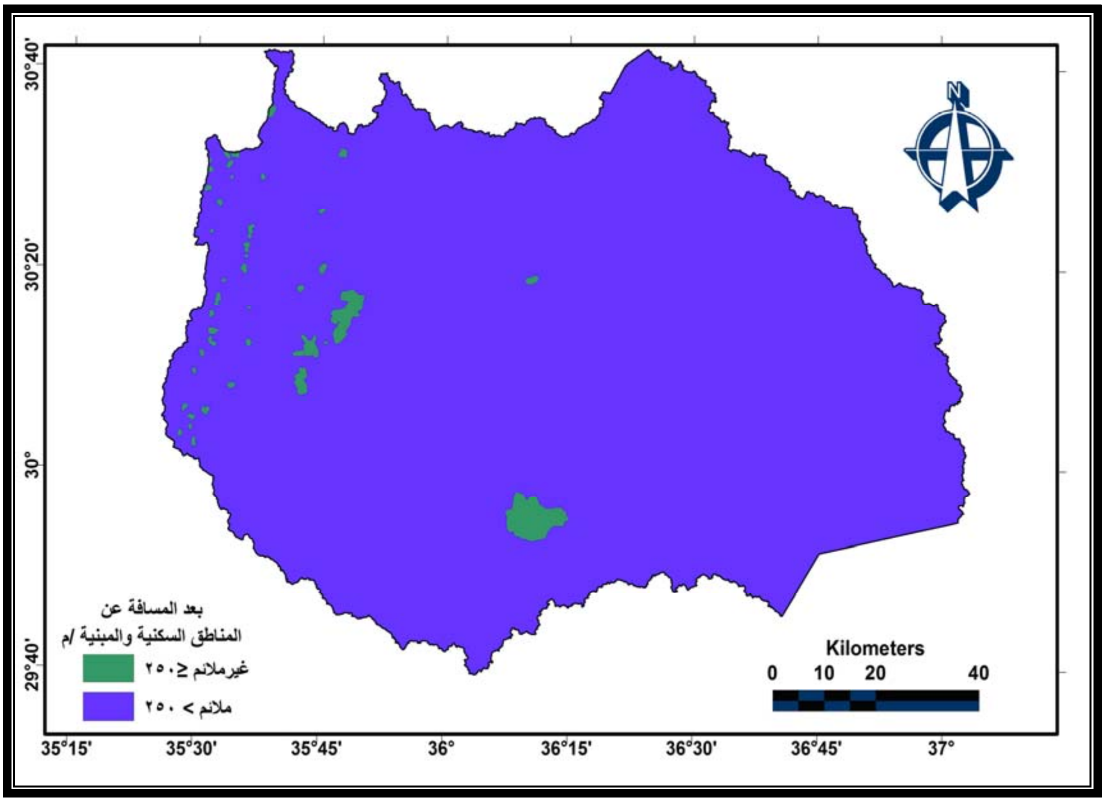


الشكل(111) تصنيف مدى الملائمة المتعلق ببعد المسافة عن الصدوع
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

3.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالبعد عن المناطق السكنية:

يفضل أن تستثنى المناطق السكنية عند اتخاذ القرارالمكاني المتعلق باختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي، وتعتبر المناطق السكنية من المحددات المكانية التي يتم استثنائها لأسباب بيئية واقتصادية ، بالرغم أنه تبين أثناء العمل الميداني انتشار للبناء العشوائي للمساكن في حرم العديد من الأودية والتي قد تعيق بناء مشاريع الحصاد المائي في بعض الأحيان ، وباعتبار البعد عن المناطق السكنية من المعايير الهامة التي حددها الباحث في الدراسة القائمة فقد احتلت المرتبة الثالثة وأعطيت الوزن (4)، وبناءا على ذلك فقد تم تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالبعد عن المناطق السكينة على النحو الآتي:

1. المناطق الملائمة > 250م
2. المناطق غير الملائمة ≤ 250م ، الشكل (112) .

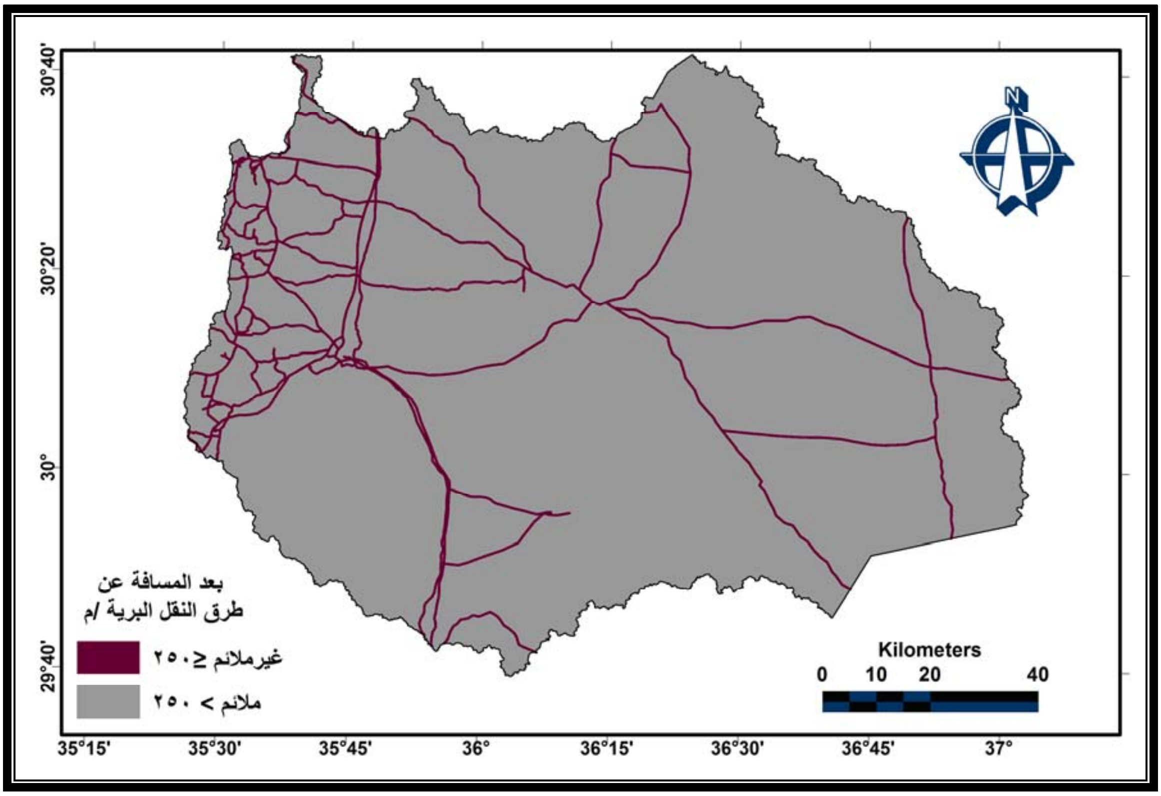


الشكل(112) تصنيف مدى الملائمة المتعلق ببعد المسافة عن المناطق السكنية والمبنية
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

4.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالبعد عن طرق النقل البرية:

كما هو الحال بالنسبة للمناطق السكنية فإنه يتم استثناء طرق النقل البرية عند اتخاذ القرار المكاني المتعلق باختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي لأسباب اقتصادية، وبالرغم أن هذا المعيار تم تجاوزه في حالة سد الموجب حيث بني السد فوق الطريق المؤدي إلى الكرك في المرحلة الأولى ثم أعيد بناء الطريق مرة أخرى فوق جسم السد، مع ذلك فلن يتم تجاوز أهمية هذه المعيار واحتل المرتبة الرابعة وأعطي الوزن (3)، وتم تصنيف مدى ملائمة البعد عن الطرق البرية على النحو الآتي :

1. المناطق الملائمة > 250م
2. المناطق غير الملائمة ≤ 250م ، الشكل(113) .

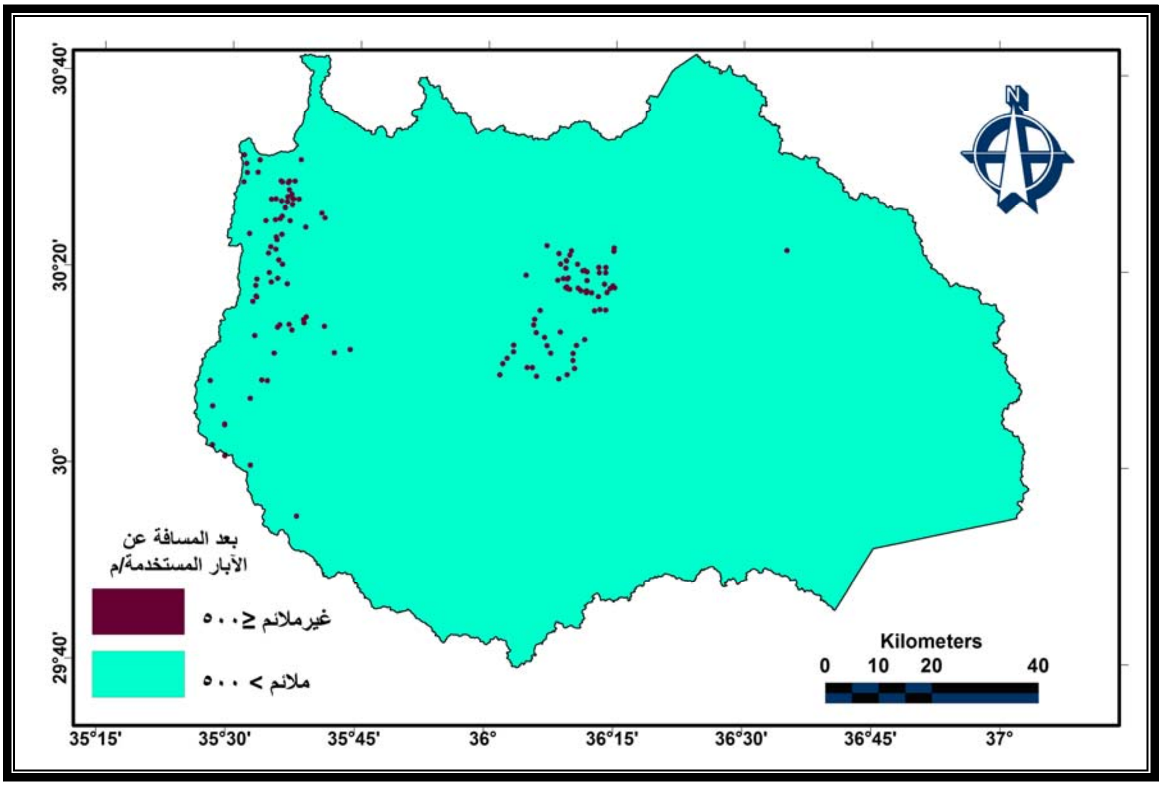


الشكل(113) تصنيف مدى الملائمة المتعلق ببعد المسافة عن طرق النقل البرية
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

5.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلق بالبعد عن الآبار الأرتوازية المستخدمة:

عادة ما يتم بناء الآبار لأغراض التزويد المائي للسكان أولأغراض توفير المياه للزراعة أو لحقن المياه الجوفية وبالتالي فإنه يفضل اتخاذ القرار المكاني في مسافة لا تقل عن (500م) من هذه الآبار، لأسباب تتعلق بالمحافظة على القدرة التخزينية لمشاريع الحصاد المائي، بالإضافة للمحافظة على المياه الجوفية من تسرب الرواسب أو أية أخطاء تقنية أخرى، وبالتالي فقد احتل هذا المعيار المرتبة الخامسة واعطي الوزن (5) ،وتم تصنيف مدى ملائمة البعد عن الآبار المستخدمة على النحو الآتي:

3. المناطق الملائمة > 500م
4. المناطق غير الملائمة ≤ 500م ، الشكل(114) .



الشكل(114) تصنيف مدى الملائمة المتعلق ببعد المسافة عن الآبار المستخدمة
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

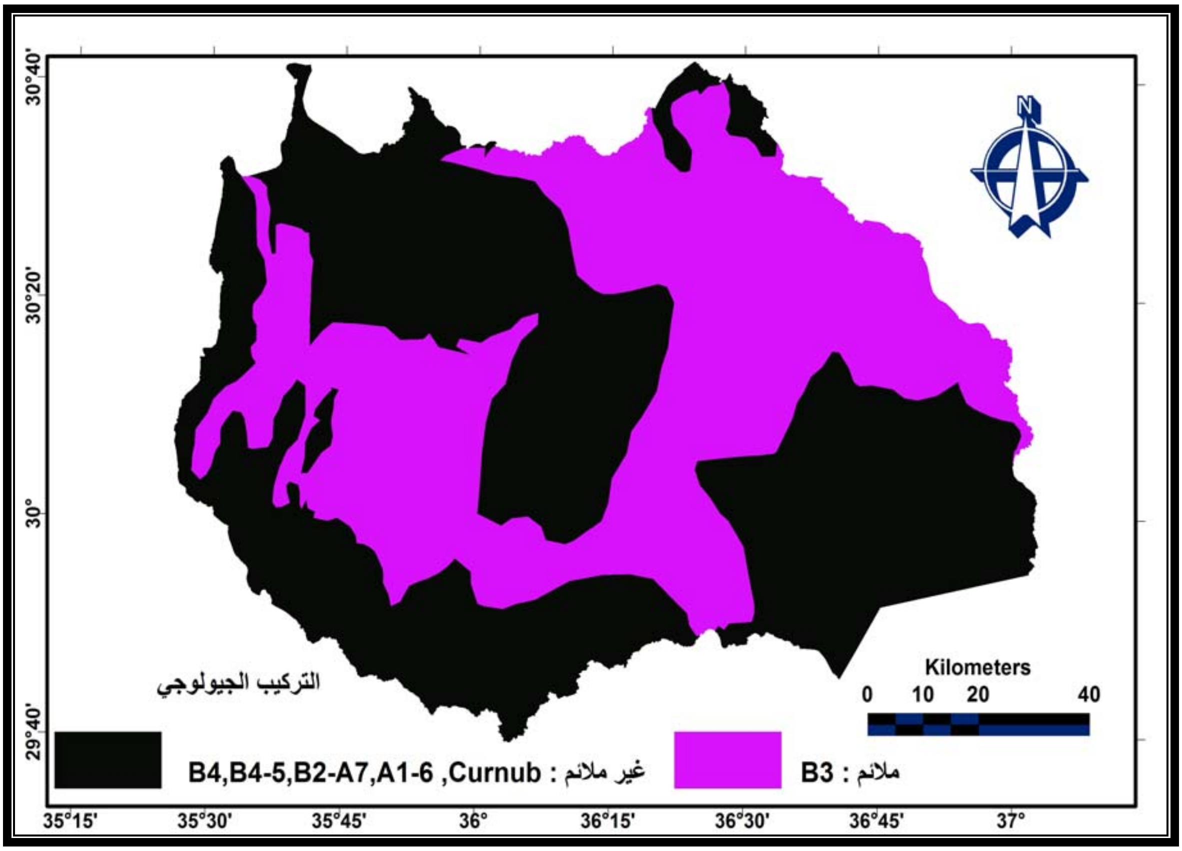
6.خريطة تصنيف مدى الملائمة المتعلقة بالتكوين الصخري:

بما أن إعادة حقن الخزانات الجوفية يحدث مباشرة بواسطة الرشح لمياه الأمطار أو بشكل غير مباشر من خلال الرشح لمياه الجارية في الأودية، فإن عملية تخزين المياه في السدود أو الحفائر تتطلب المحافظة على المخزون المائي وصيد المياه الجارية وتجميعها وعدم ضياعها أو نفاذها نحو الأسفل، ويتطلب ذلك ضمان وجود صخور كتمية، وأخذ الاحتياطات اللازمة عند تصميم مشاريع الحصاد المائي، لذلك فقد رأى الباحث في التكوين الجيولوجي معياراً رئيسياً ذو أهمية عند إتخاذ القرار المكاني لتحديد أفضل المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي، ومن هنا فقد احتل هذا المعيار المرتبة السادسة، وأعطي الوزن (1) .

ووجد أن أفضل هذه التكاوين وأكثرها ملائمة في منطقة الدراسة هو (B3) والذي يتبع تكوين الموقر(Muwqqar formation)، باعتباره من التراكيب التي لا تسمح بنفاذ المياه (Aquiterd) والتي تتميز بكبر سماكتها حوالي (450م)، (عابد،2000) ،وأقلها ملائمة هي الصخور التي تسمح بنفاذ المياه وتغذية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية (Aquifer)، ويمكن تصنيف مدى ملائمة التكوين الضخري لإقامة مشاريع الحصاد المائي على النحو الآتي :

1. التراكيب الملائمة جدا : (B3/Muwagger Formation)

2.التراكيب غير الملائمة : (B4 /Rijam Formation , B4-5 (Rijam Formation, B2-A7/Amman-Wadi AL- Sir Formation, A1-6 / Naur/Shuib Formation, and Kurnb Formation) ، الشكل (115) .



الشكل(115) تصنيف المدى ملائمة المتعلق بالتركيب الجيولوجي

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

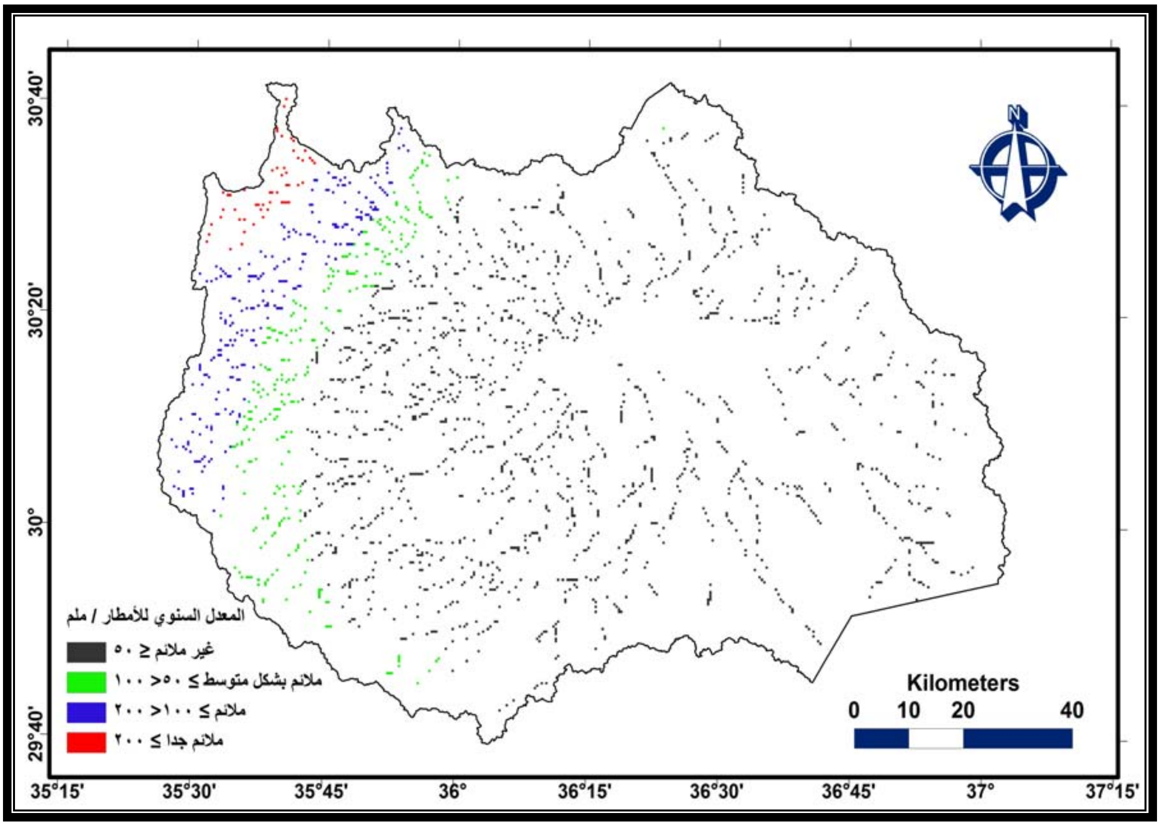
7:7 تقييم مدى الملائمة الأرضية من أجل مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود):

يمكن تحديد معايير الملائمة الأرضية في نوعين هما العوامل والمحددات :

1. العوامل (The Factors): هي المعايير التي تحسن من البديل المحدد الذي يجب أخذه بعين الاعتبار سواءا في حالة تحديد المواقع الملائمة لاقامة السدود أو المواقع الملائمة لاقامة الحفائر .
2. المحددات أو التقييدات (The Contraint): هو نوع الأرض أو الاستخدام الذي يجعل من المستحيل تطوير مشاريع الحصاد المائي (السدود أو الحفائر) في منطقة ما .

1:7:7 معايير الملائمة في حالة السدود :

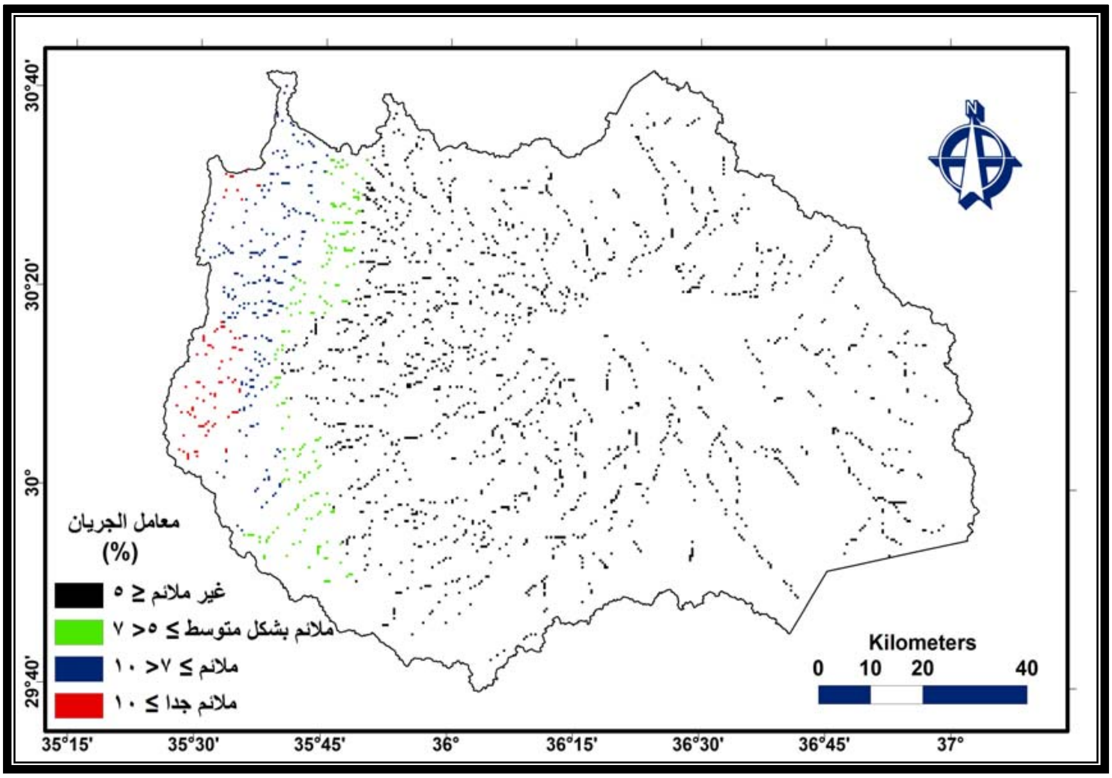
1. المعدل السنوي للامطار : يمكن تحديد مدى ملائمة الامطار لاقامة السدود ، الشكل(116) .



الشكل(116) مدى ملائمة الامطار لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

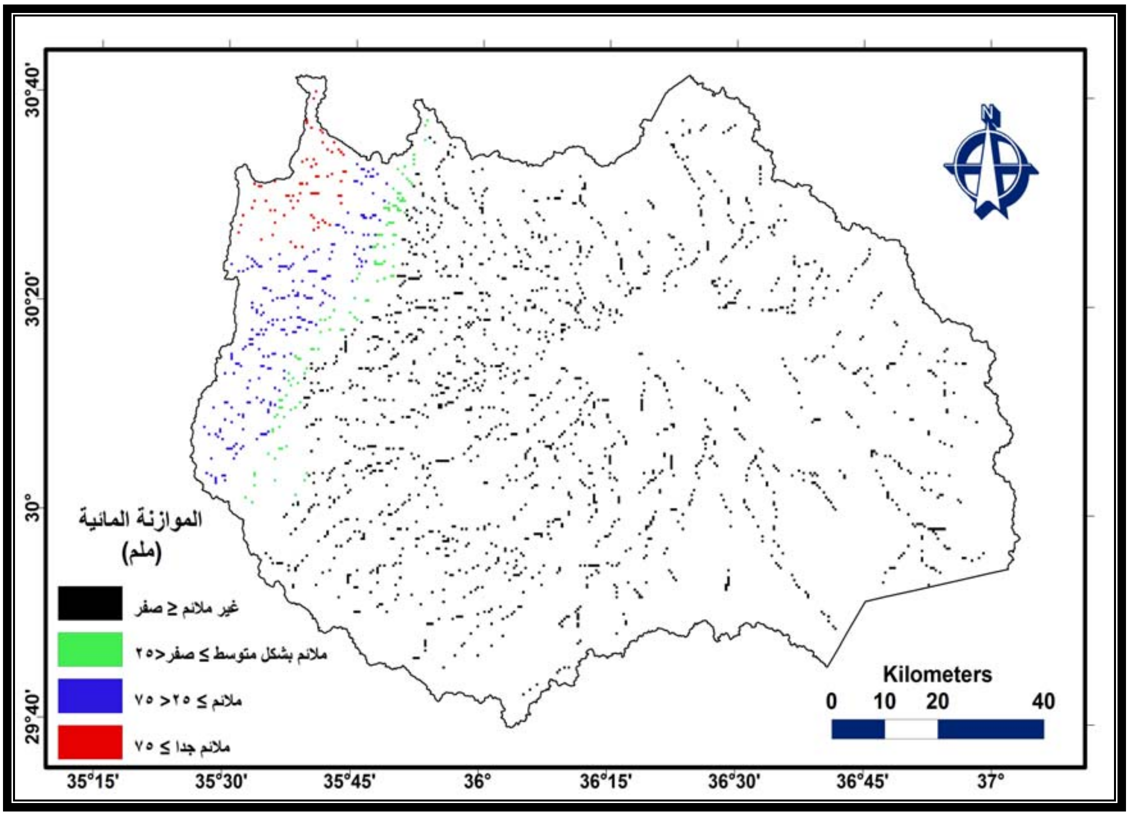
2. معامل الجريان السطحي : يمكن تحديد مدى ملائمة معامل الجريان السطحي لاقامة السدود ، الشكل(117) .



الشكل(117) مدى ملائمة معامل الجريان السطحي لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

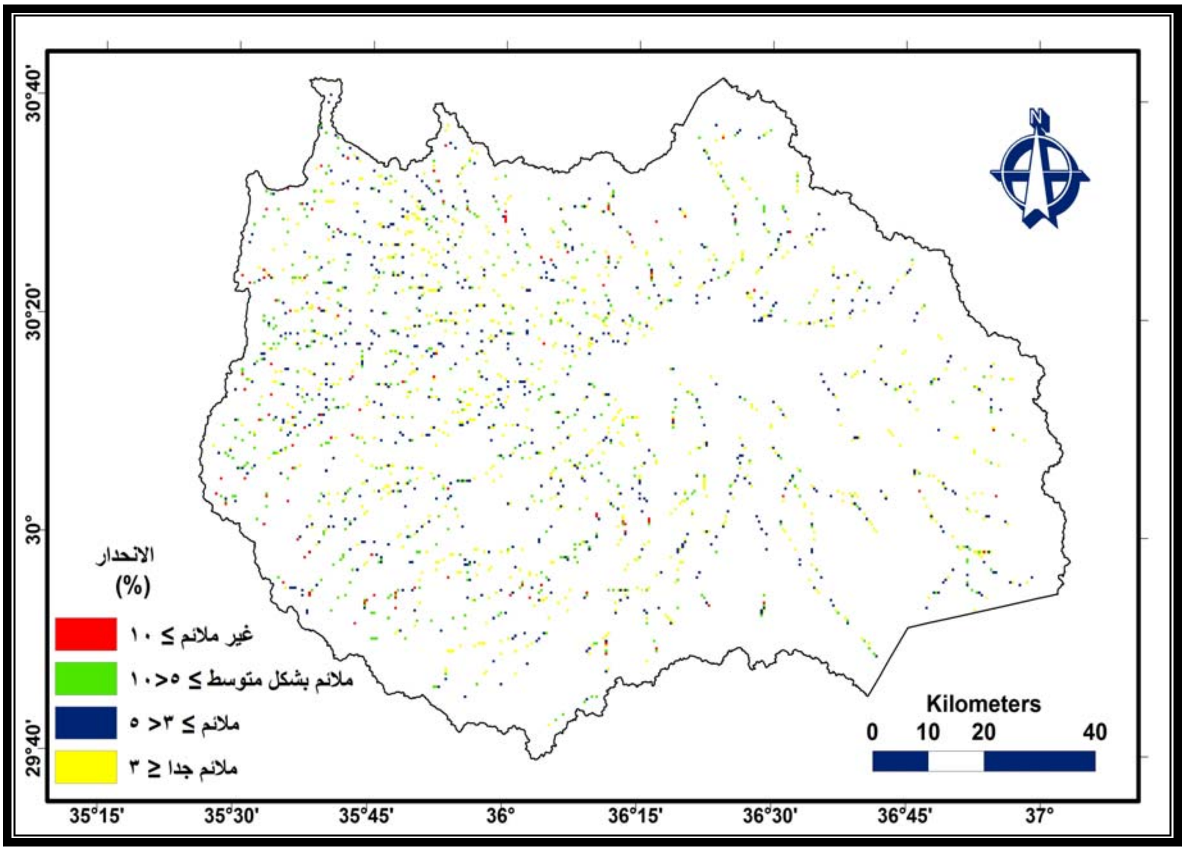
3. الموازنة المائية: يمكن تحديد مدى ملائمة الموازنة المائية لاقامة السدود ، الشكل(118) .



الشكل(118) مدى ملائمة الموازنة المائية لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

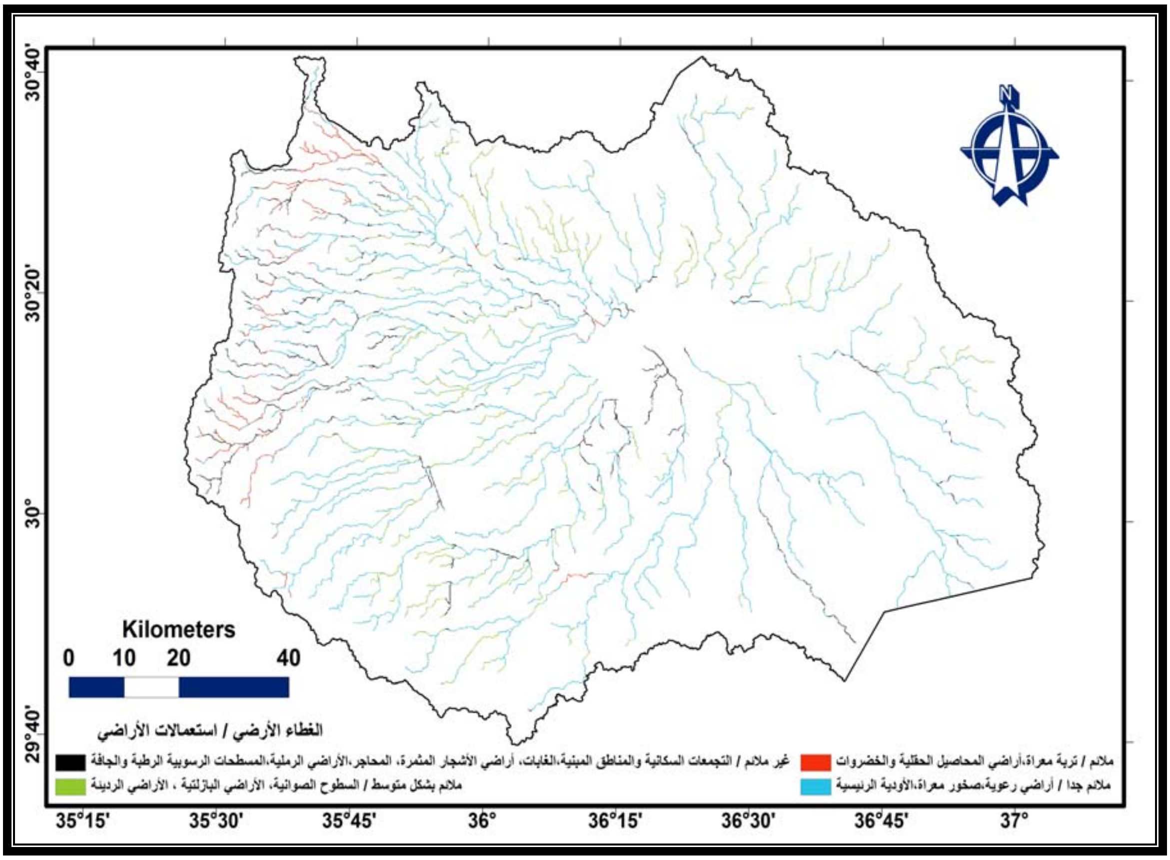
4.الانحدار: يمكن تحديد مدى ملائمة معامل الانحدار لاقامة السدود ، الشكل(119) .



الشكل(119) مدى ملائمة الانحدار لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

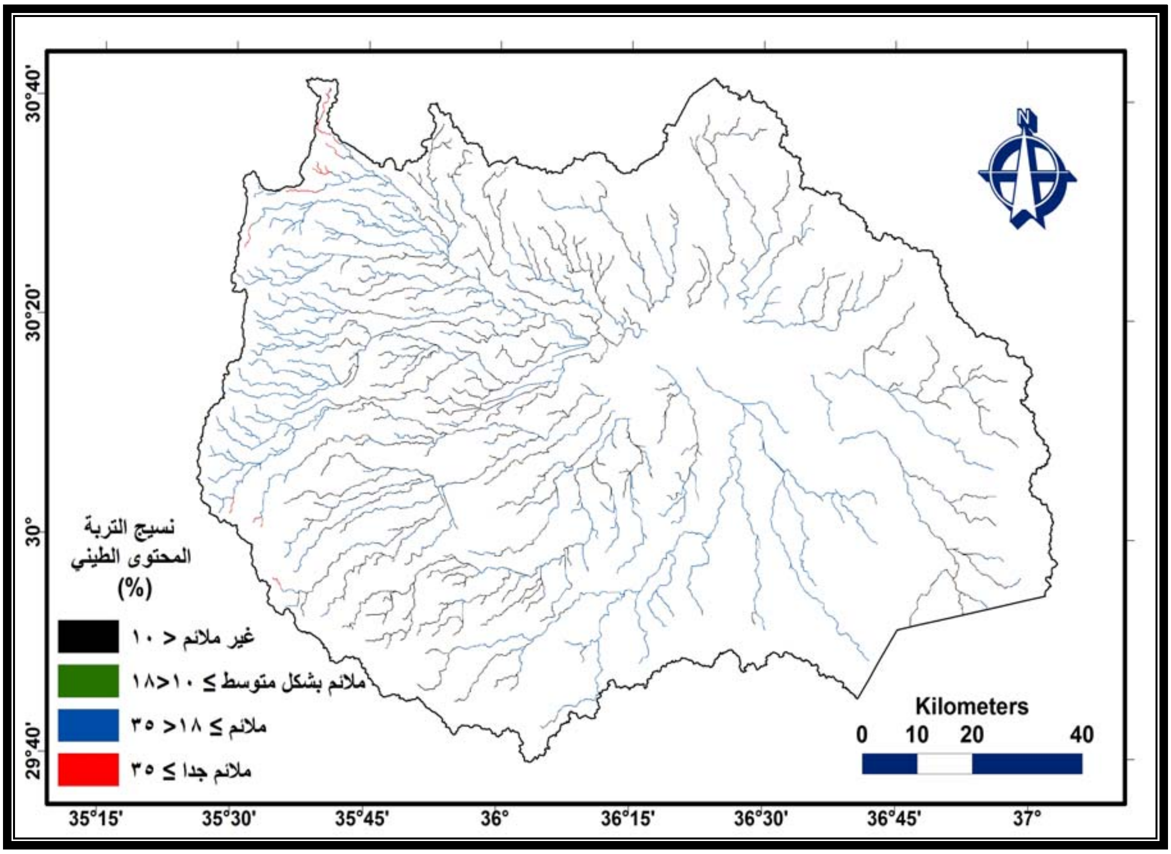
5.استعمالات الاراضي والغطاء الأرضي: يمكن تحديد مدى ملائمة استعمالات الاراضي و الغطاء الأرضي لاقامة السدود ، الشكل(120) .



الشكل(120) مدى ملائمة استعمالات الاراضي/الغطاء الأرضي لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

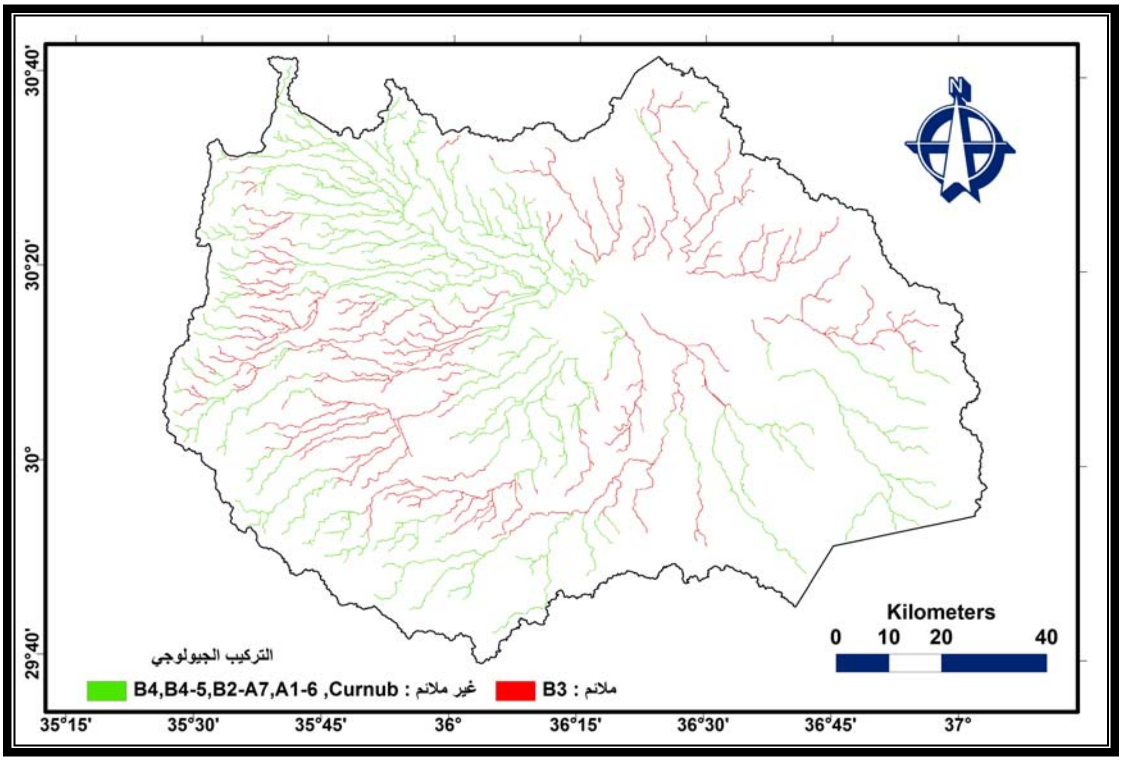
6.نسيج التربة (المحتوى الطيني%): يمكن تحديد مدى ملائمة نسيج التربة (المحتوى الطيني%) لاقامة السدود ، الشكل(121) .



الشكل(121) مدى ملائمة نسيج التربة (المحتوى الطيني) لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

7.التركيب الجيولوجي: يمكن تحديد مدى ملائمة التركيب الجيولوجي لاقامة السدود ، الشكل(122)

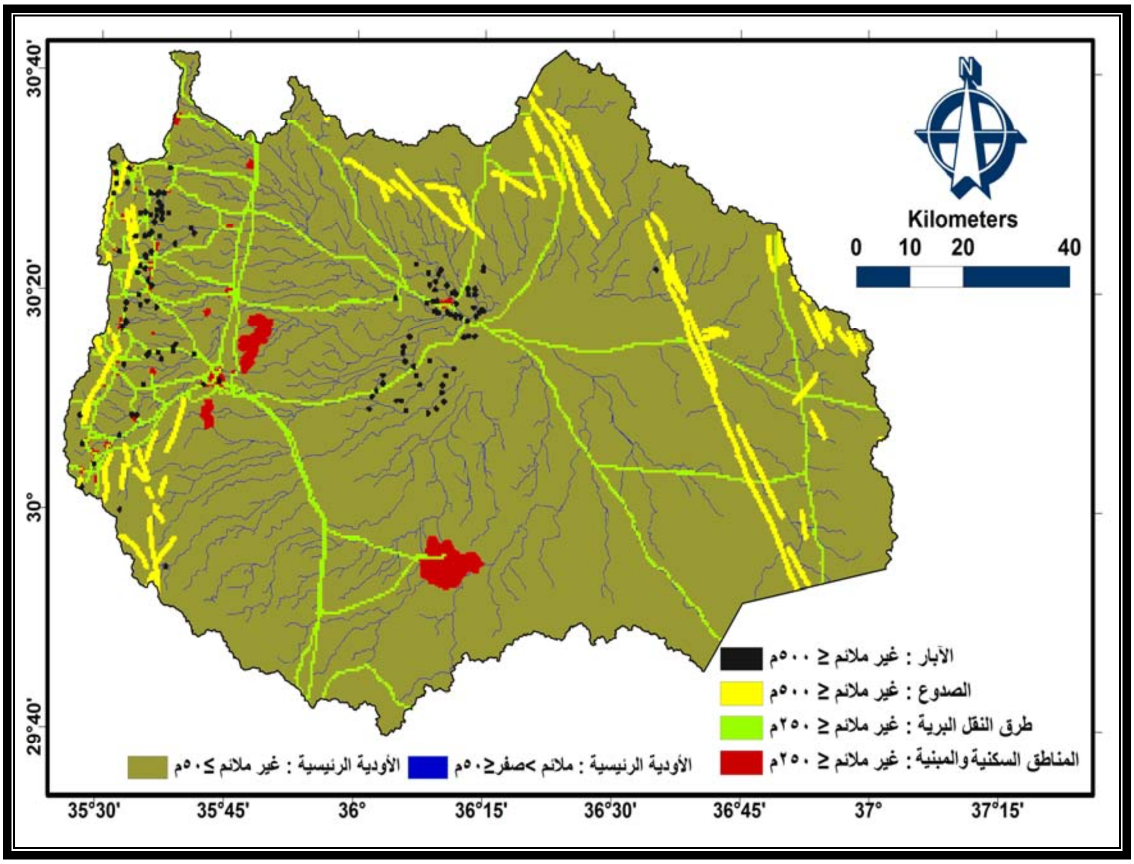


الشكل(122) مدى ملائمة التركيب الجيولوجي لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

ثانيا : المحددات أو التقييدات لاقامة السدود :

يمكن توضيح محددات الملائمة لاقامة السدود ، الشكل(123) .

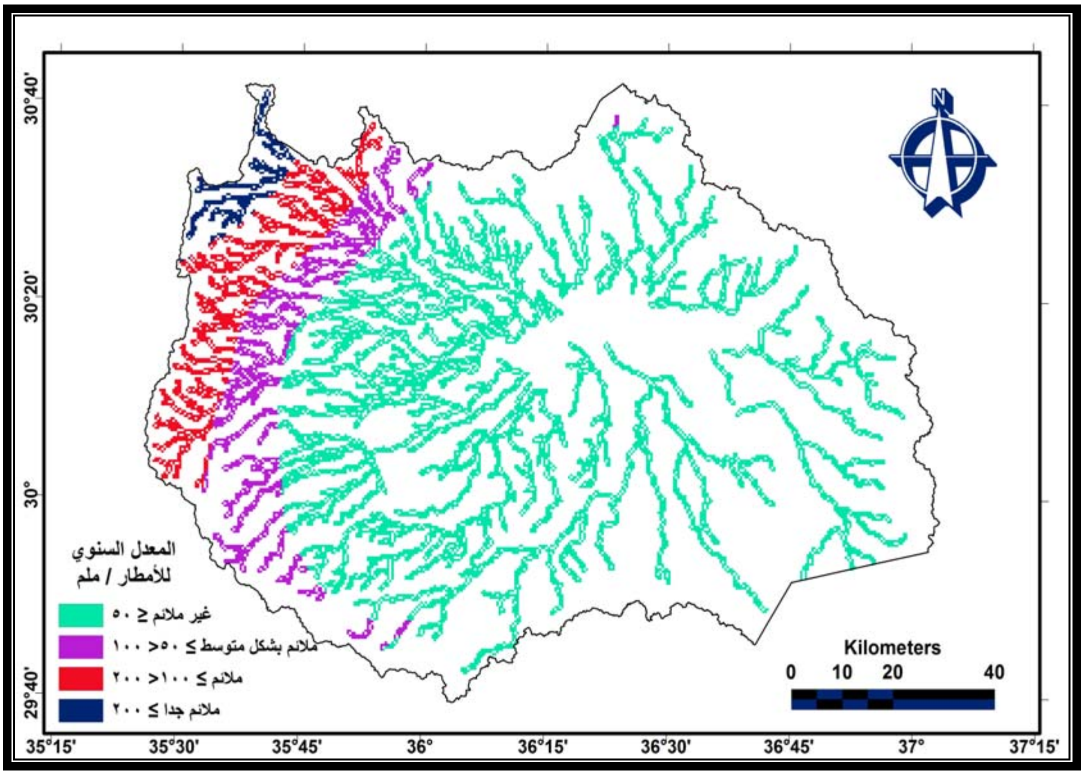


الشكل(123) محددات مدى الملائمة لاقامة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

2:7:7 معايير الملائمة في حالة الحفائر :

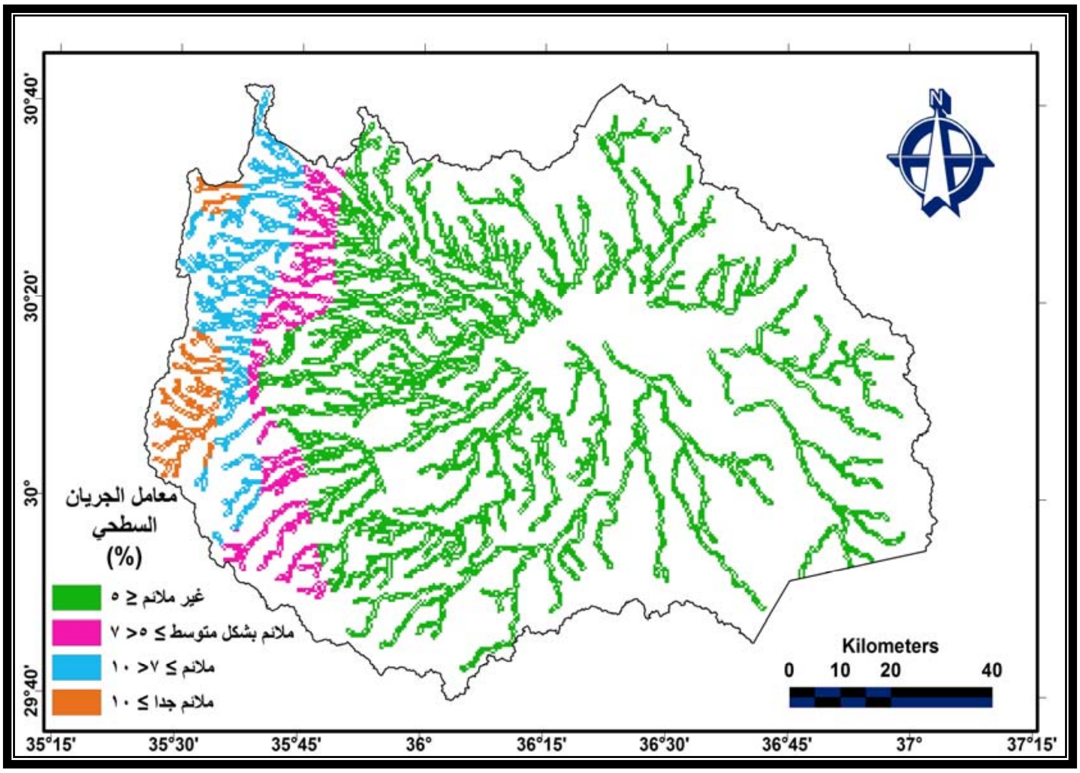
1.المعدل السنوي للامطار : يمكن تحديد مدى ملائمة الامطار لاقامة الحفائر ،الشكل(124) .



الشكل(124) مدى ملائمة الامطار لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

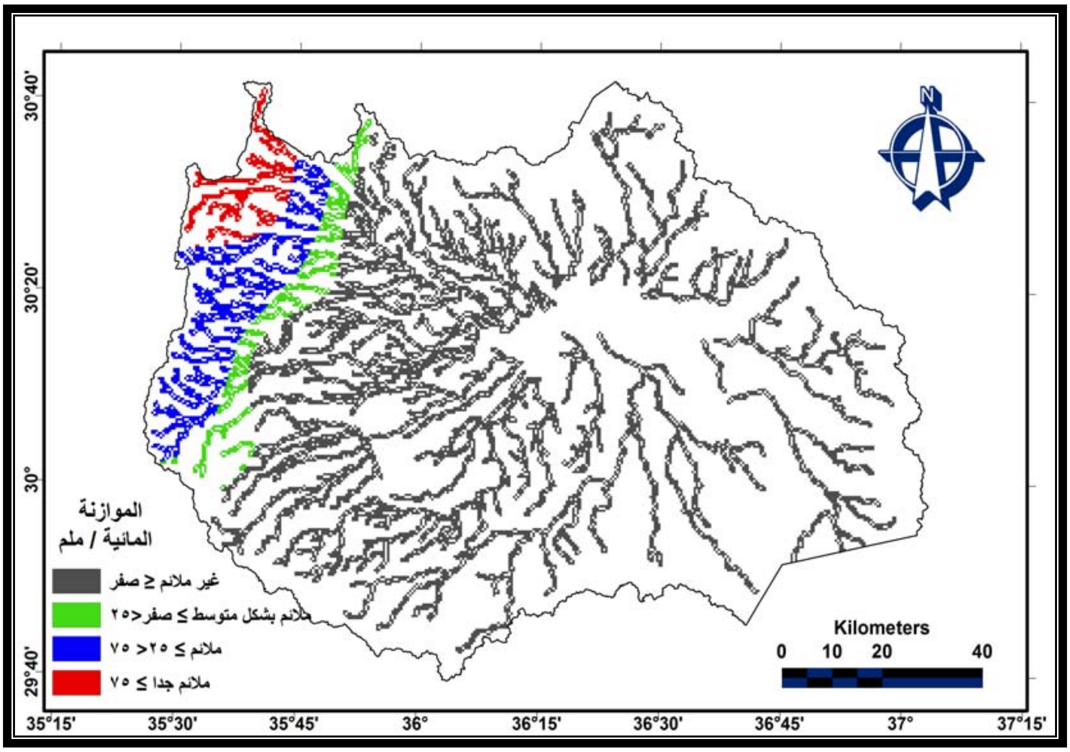
2. معامل الجريان السطحي : يمكن تحديد مدى ملائمة معامل الجريان السطحي لاقامة الحفائر ، الشكل(125) .



الشكل(125) مدى ملائمة معامل الجريان السطحي لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

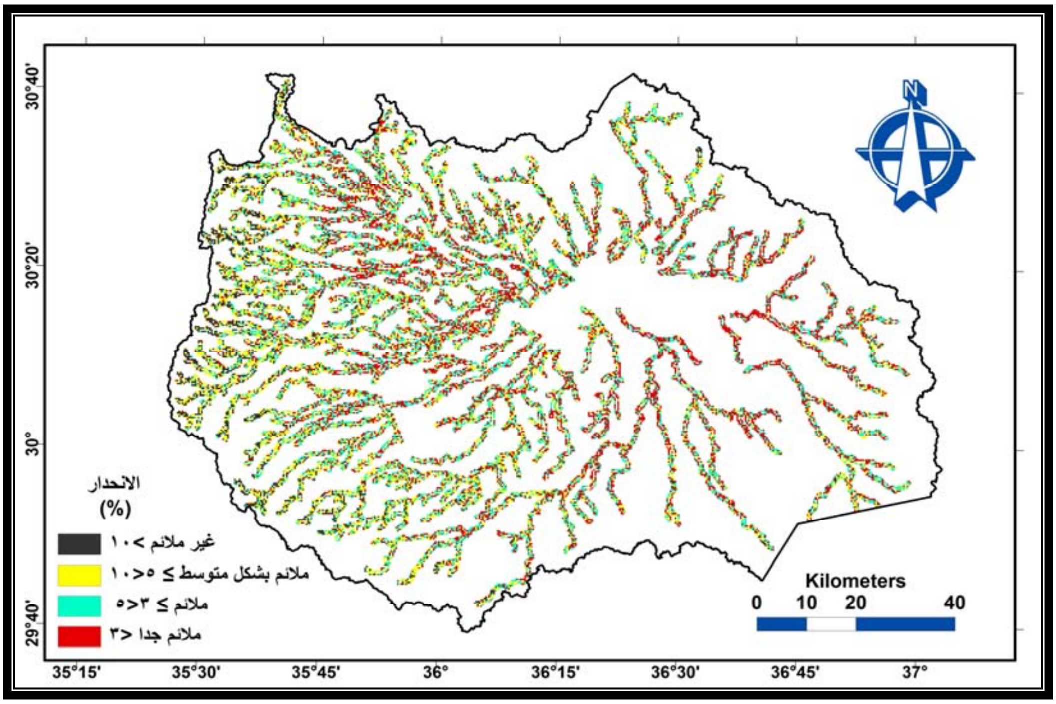
3. الموازنة المائية : يمكن تحديد مدى ملائمة الموازنة المائية لاقامة الحفائر ،الشكل(126) .



الشكل(126) مدى ملائمة الموازنة المائية لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

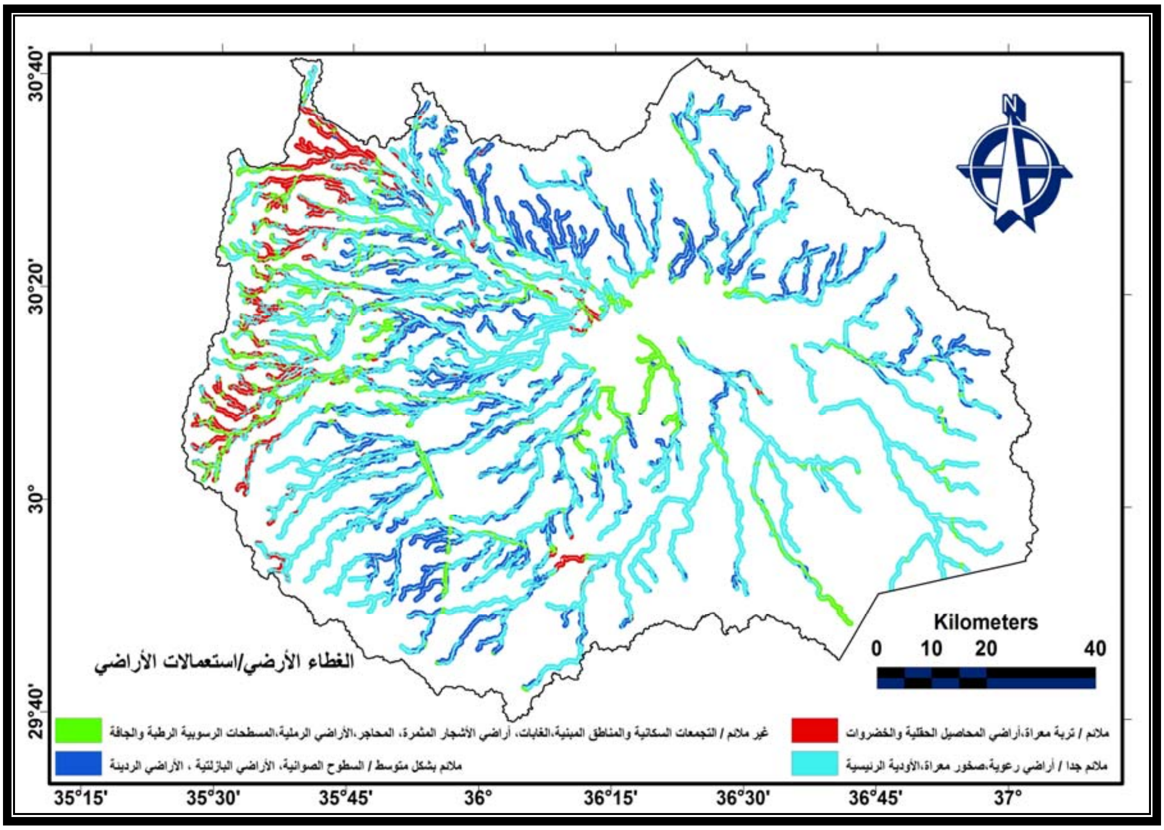
4.الانحدار: يمكن تحديد مدى ملائمة معامل الانحدار لاقامة الحفائر ، الشكل(127) .



الشكل(127) مدى ملائمة الانحدار لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

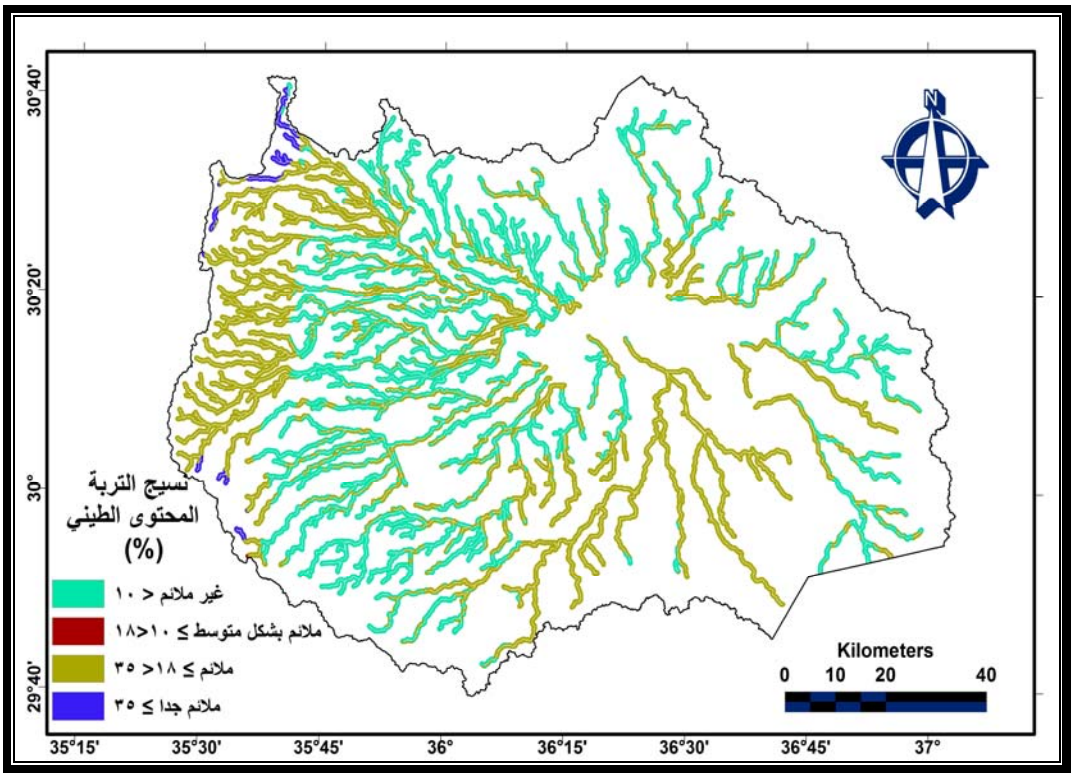
5.إستعمالات الاراضي والغطاء الأرضي: يمكن تحديد مدى ملائمة استعمالات الاراضي والغطاء الأرضي لاقامة الحفائر ، الشكل(128) .



الشكل(128) مدى ملائمة استعمالات الاراضي و الغطاء الأرضي لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

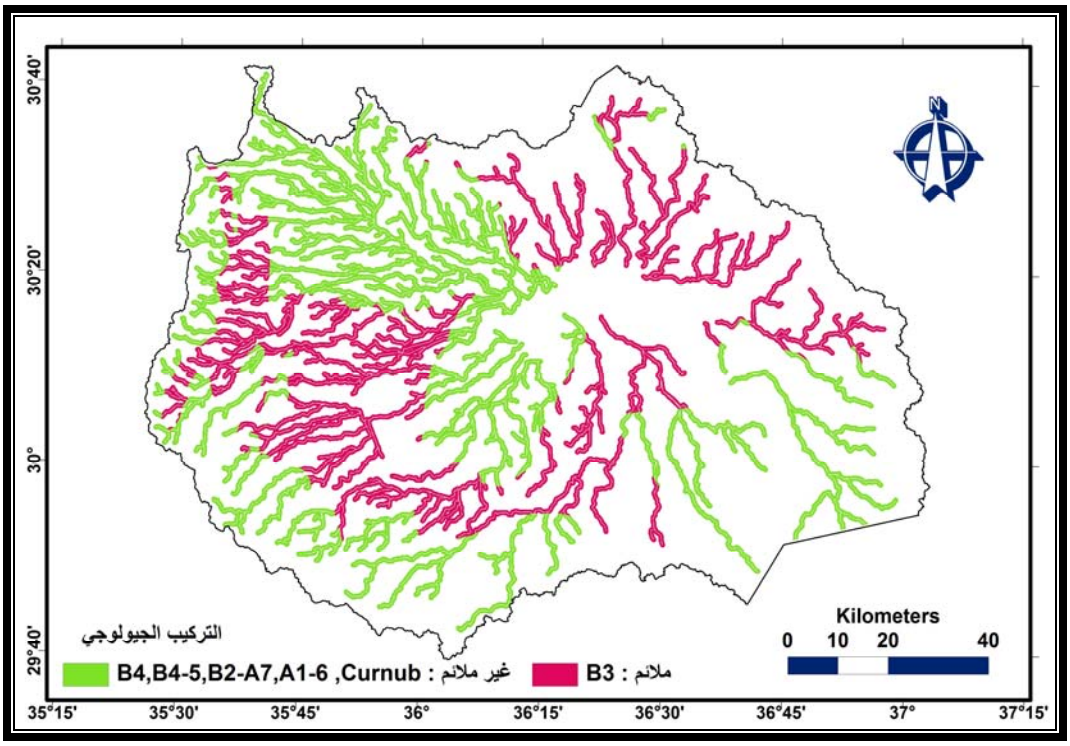
6.نسيج التربة (المحتوى الطيني%): يمكن تحديد مدى ملائمة نسيج التربة (المحتوى الطيني%) لاقامة الحفائر ، الشكل(129) .



الشكل(129) مدى ملائمة نسيج التربة (المحتوى الطيني) لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

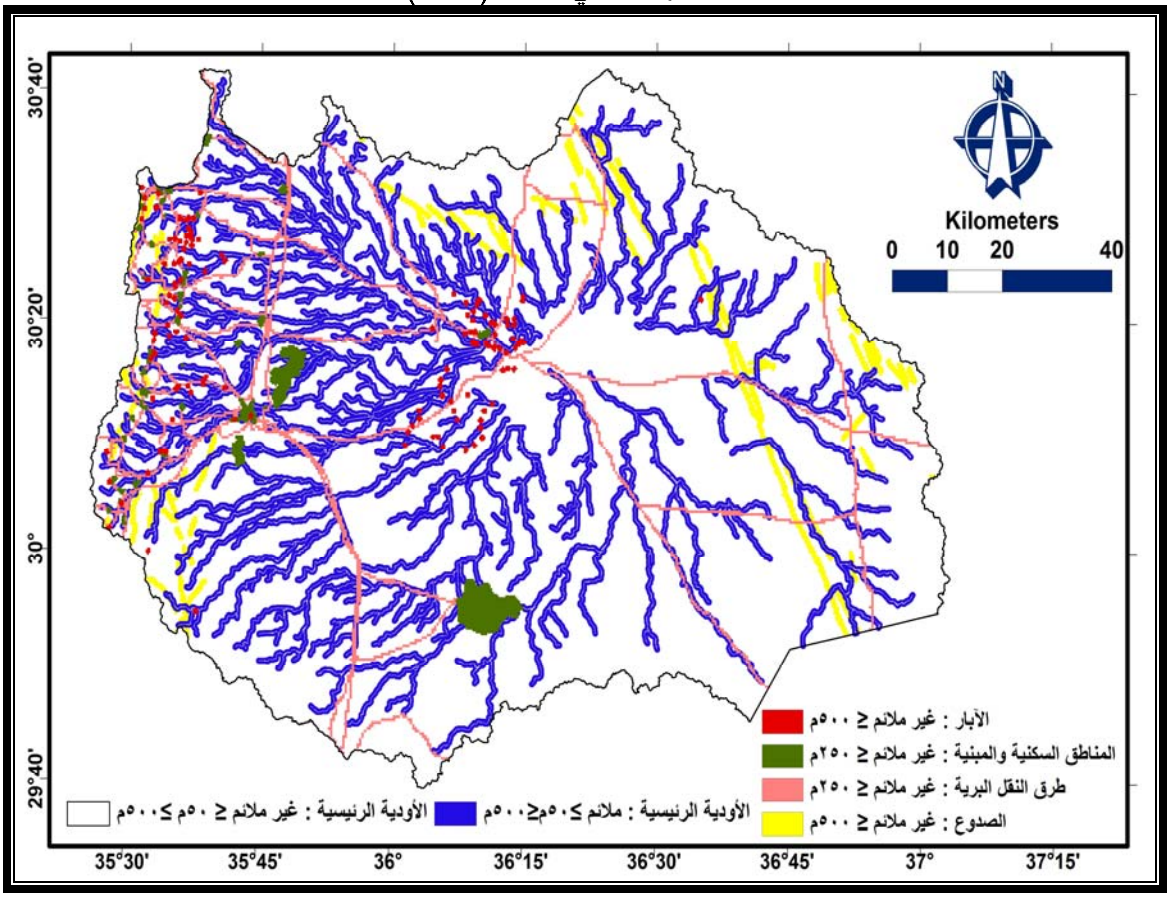
7.التركيب الجيولوجي: يمكن تحديد مدى ملائمة التركيب الجيولوجي لاقامة الحفائر كما في الشكل(130) .



الشكل(130) مدى ملائمة التركيب الجيولوجي لاقامة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

رابعا: المحددات أو التقييدات لاقامة الحفائر :
يمكن تحديد محددات الملائمة لاقامة الحفائر كما في الشكل(131) .



الشكل(131) محددات مدى الملائمة لاقامة الحفائر
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

8:7 الخرائط النهائية الموزونة :

1:8:7 انتاج الخريطة النهائية الموزونة للسدود :

أجريت الخطوات التالية لانتاج الخريطة النهائية الموزونة التي تحدد مدى الملائمة لاقامة السدود :

1.تم وضع المعايير والمحددات في مجموعة ثابتة وإعطائها الأوزان الخاصة بها وتحديد الرتبة (Score) لكل معيار،حيث حدد الوزن لكل عامل باستخدام طريقة المفاضلة (Pair-wise Comparison Method) والتي تتضمن عملية اتخاذ القرار المعروفة بالعملية الهرمية التحليلية ، (Analytical Hierarchy Process) .

2. تحيد مستوى الملائمة (The Suitability Level) لكل مستوى عامل من خلال المعادلة التالية:

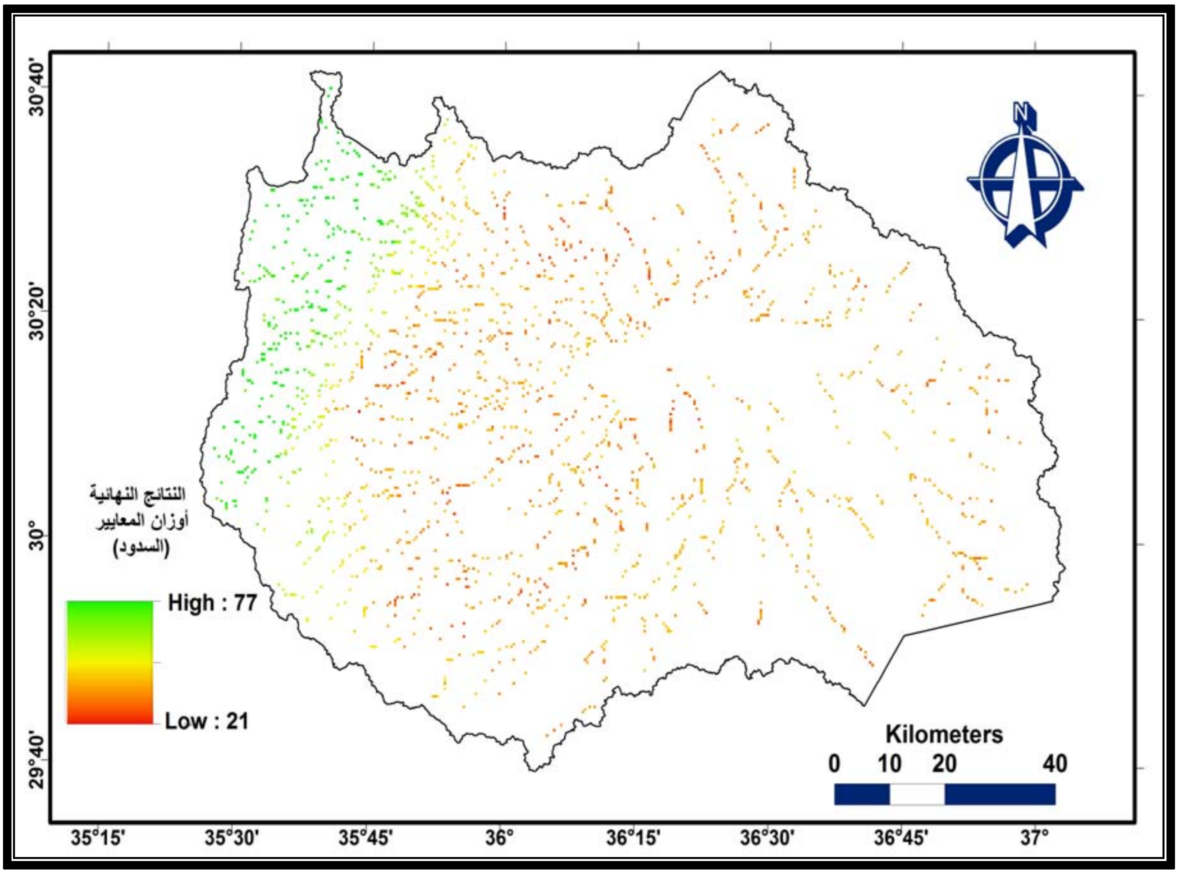
- $Score = W_1r_1 + W_2r_2 \ldots + Wnr\ n)/ n \times 100$

حيث تمثل (Wn) الوزن (Weight) و(rn) علامة أو درجة (Rating Score) التصنيف لكل عامل (n)، (Saaty, 1990, Canada et al, 1996) .

3.عملية الجمع للخرائط الناتجة بعد إعادة تصنيفها لتحديد المناطق الملائمة أو الغير ملائمة لإقامة السدود باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS-Raster calculater) لكلا المجموعتين كخرائط متسامتة (Grid or Raster) حيث كانت أعلى قيمة بعد عملية الجمع تمثل المناطق الاكثر ملائمة أما بقية القيم فتمثل المناطق الاقل درجة ملائمة .

4. إنتاج خريطتين تمثل الخريطة الأولى المجموعة الأولى والتي تعبر عن الفرق بين (المجموع لحاصل ضرب وزن كافة العوامل مع أعلى رتبة لها) مع (المجموع لحاصل ضرب وزن كافة العوامل مع أدنى رتبة لها) كذلك الحال بالنسبة للمجموعة الثانية .

5. قام الباحث بعمل مطابقة للخريطتين (Fuzzy Overlay) اللتين تمثلان المجموعتين السابقتين لإنتاج الخريطة النهائية الموزونة للسدود ، الشكل (132) .

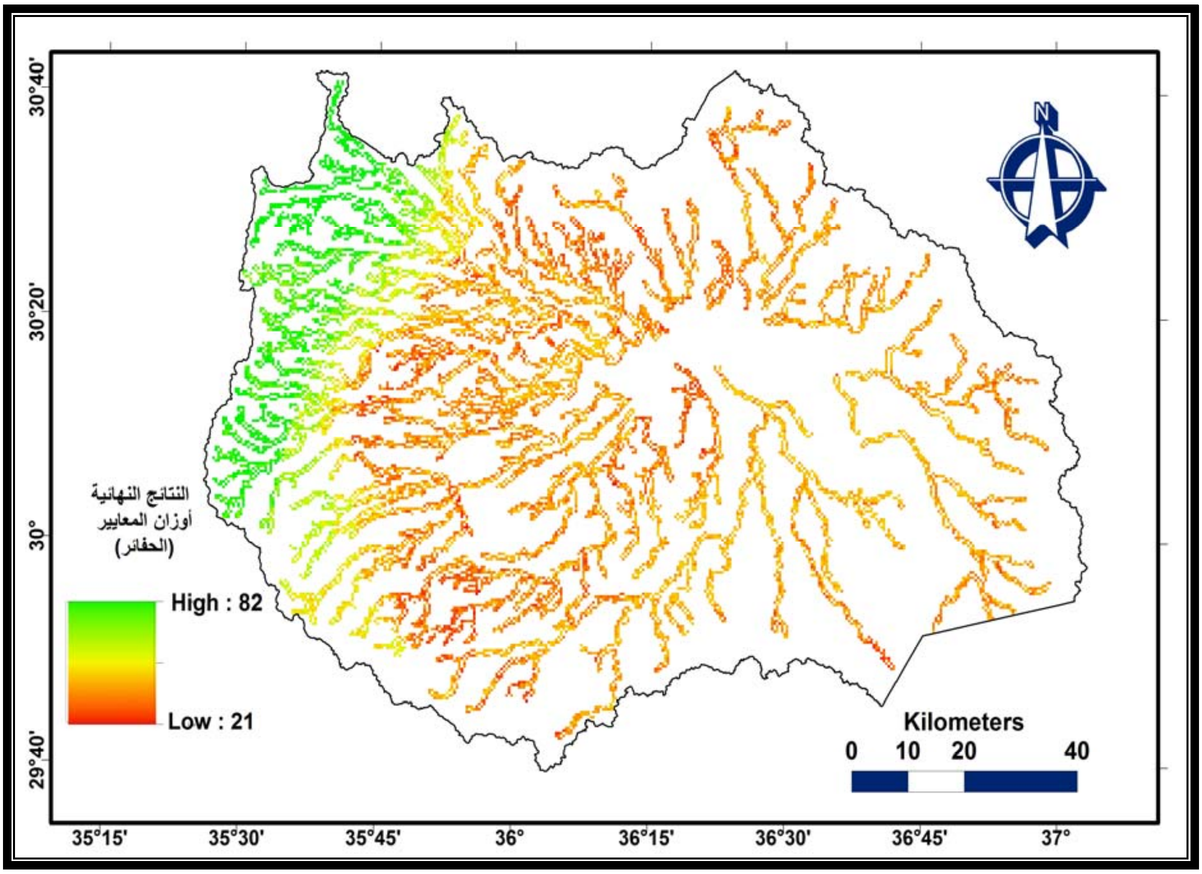


الشكل(132) الخريطة النهائية الموزونة في حالة السدود

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

2:8:7انتاج الخريطة النهائية الموزونة للحفائر :

1. تم اجراء الخطوات السابقة ذاتها (1-5) لانتاج الخريطة النهائية الموزونة المتعلقة بالحفائر ولكن باستخدام الخرائط النهائية المتسامته (Grid orRaster) المتعلقة بالحفائر ، الشكل (133) .



الشكل(133) الخريطة النهائية الموزونة في حالة الحفائر

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

9:7 انتاج الخرائط النهائية :

1:9:7 انتاج الخريط النهائية للسدود :

قام الباحث بتقسيم الخريطة النهائية الموزونة الى أربعة فئات لانتاج الخريطة النهائية لانشاء السدود ، بحيث أصبحت كل فئة تمثل درجة ملائمة خاصة بها على النحو الآتي :

1.الفترة >21 ≥ 35: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها غير ملائمة .

2.الفترة > 35≥49: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها ملائمة بشكل متوسط .

3.الفترة >49≥ 63: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها ملائمة .

4. الفترة >63≥ 77: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها ملائمة جدا، الشكل (134) .

2:9:7 انتاج الخريط النهائية للحفائر :

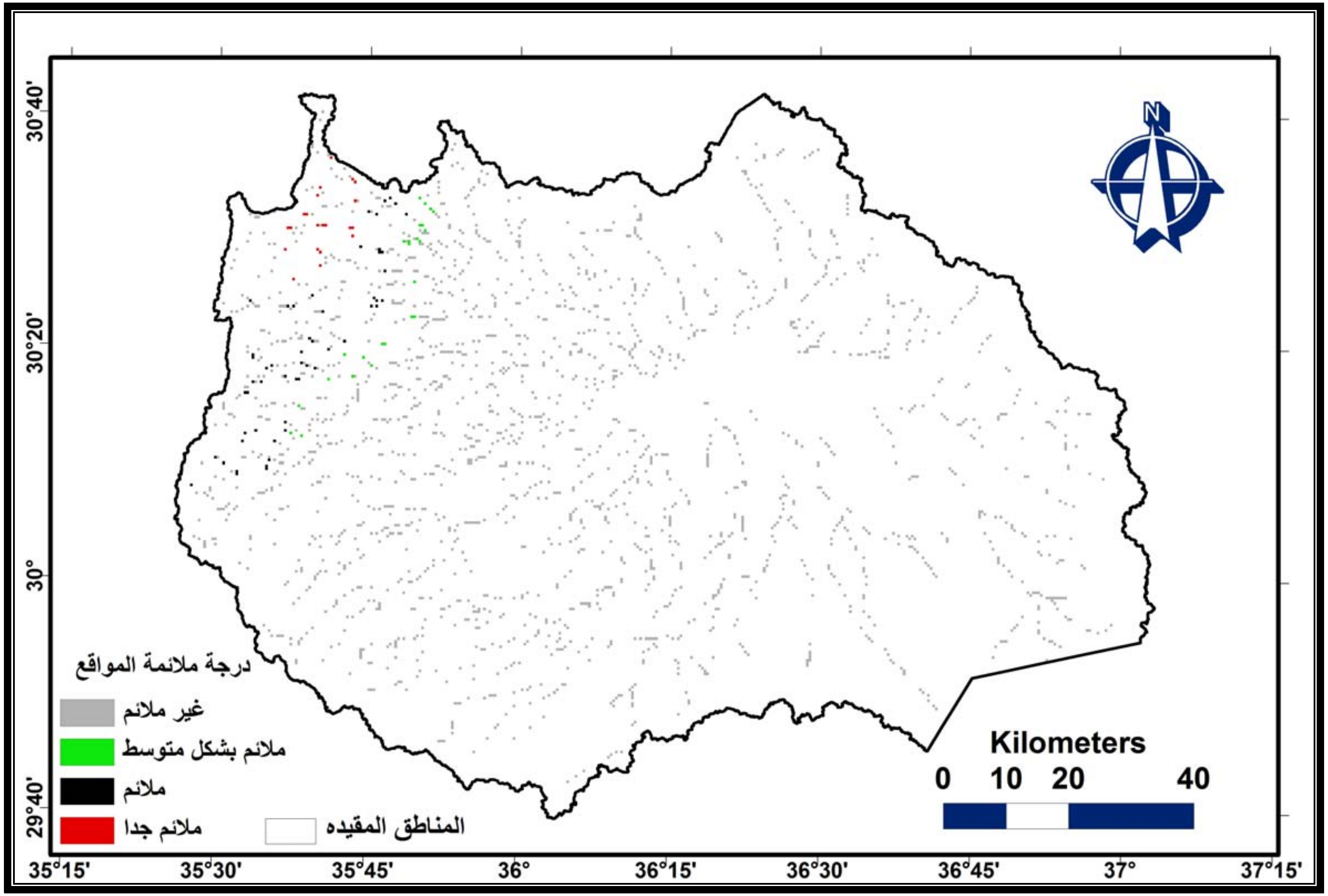
قام الباحث بتقسيم الخريطة النهائية الموزونة المتعلقة بالحفائر الى أربعة فئات لانتاج الخريطة النهائية لانشاء الحفائر ، بحيث أصبحت كل فئة تمثل درجة ملائمة خاصة بها على النحو الآتي :

1.الفترة >21 ≥ 36.25: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها غير ملائمة .

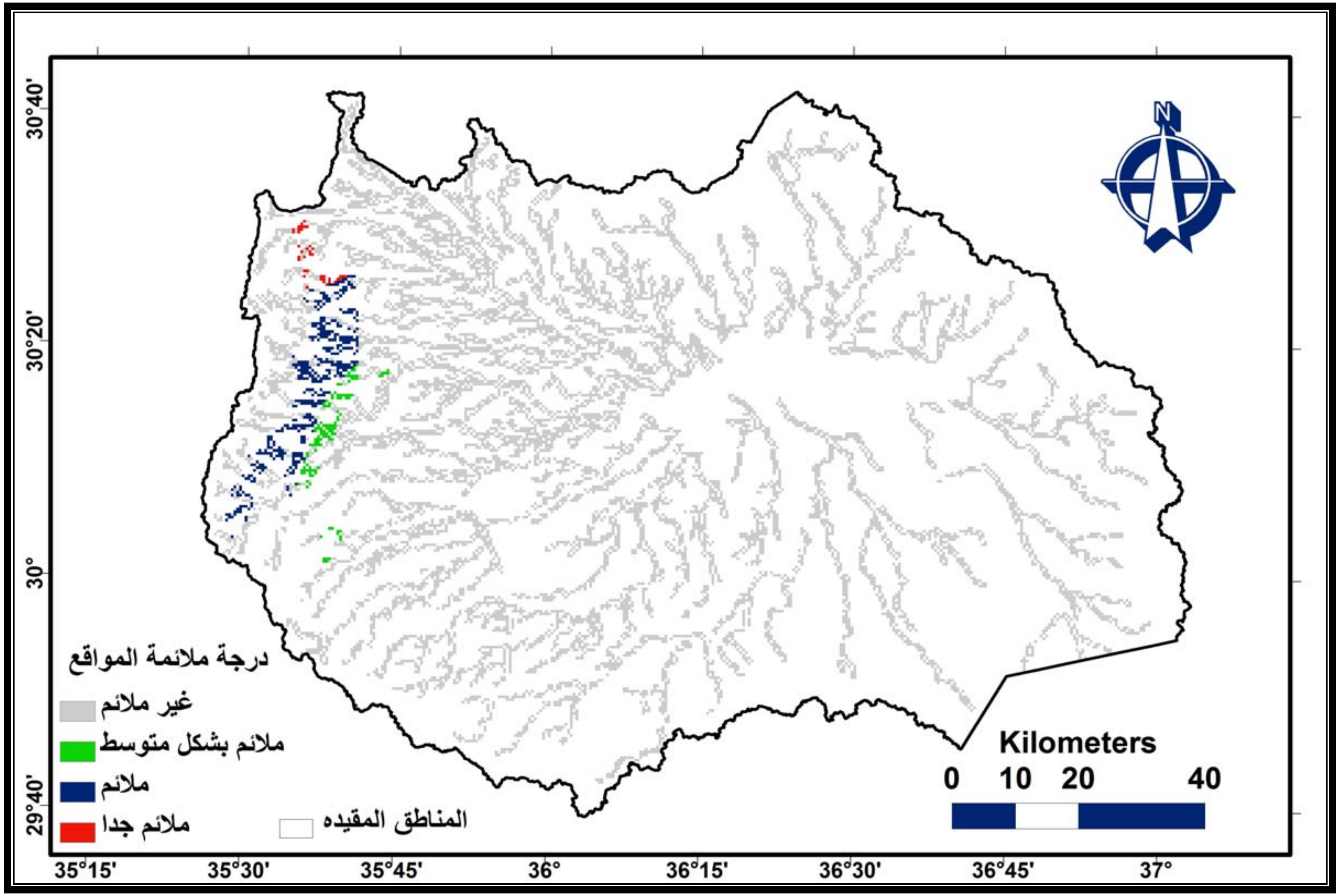
2.الفترة > 36.25≥51.5: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها ملائمة بشكل متوسط.

3.الفترة >51.5≥ 66.75: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها ملائمة.

4.الفترة >66.75≥ 82: اعتبرت المنطقة الواقعة ضمنها ملائمة جدا ، الشكل (135) .



الشكل(134) الخريطة النهائية للسدود

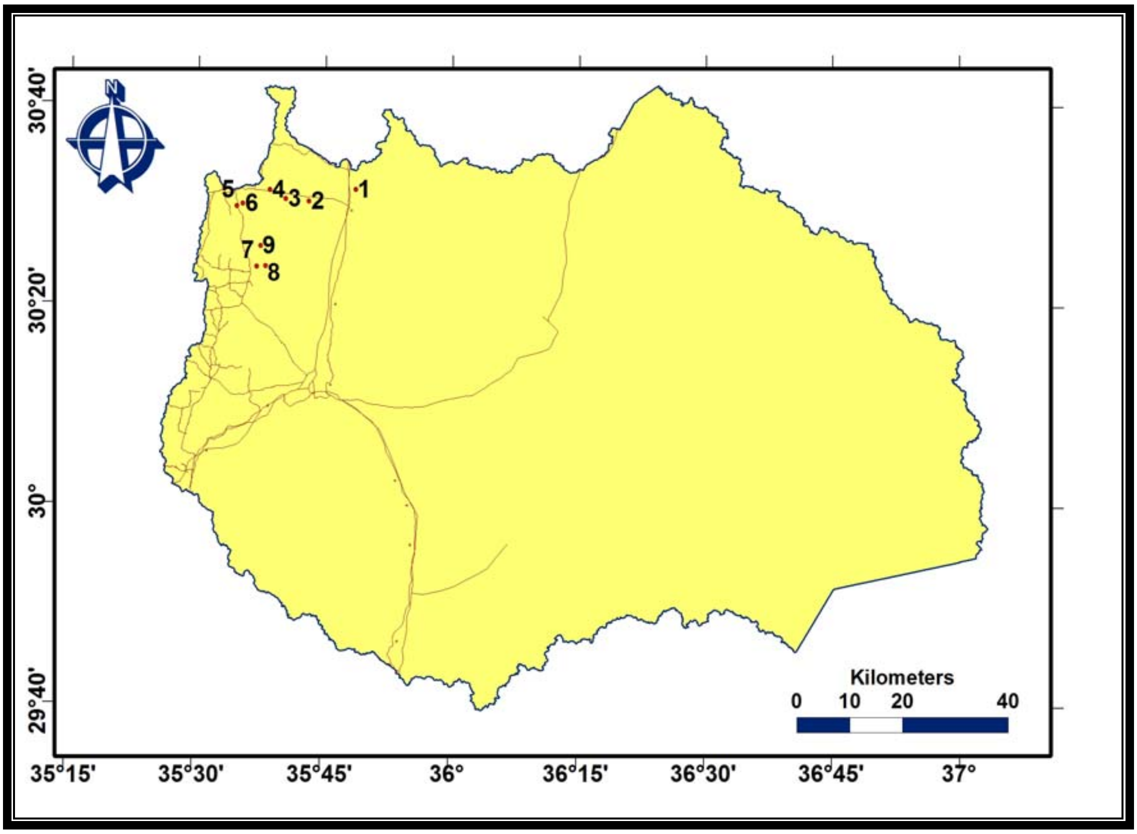


الشكل(135) الخريطة النهائية للحفائر

10:7 العمل الميداني بهدف التأكد من النتائج :

يعتمد تحليل مدى ملائمة الموقع (Site Suitability Analysis) على الفارق بين مشكلة اختيار الموقع (The Site Selection Problem) ومشكلة فحص الموقع ، حيث يعتبر الهدف من تحليل اختيار الموقع هو تحديد أفضل المواقع وأكثرها فعالية من مجموعة المواقع المحتملة أو الممكنة . حيث تؤدي العملية الهرمية التحليلية (AHA) إلى اتخاذ القرار المكاني للمواقع الأنسب لإقامة مشاريع الحصاد المائي (RWH) وذلك بالاعتماد على التقييم المكاني النهائي متعدد المعايير (The Special Multi-Criteria Evaluation (SMCE) ، وهذا بدوره سيؤدي إلى دعم التخطيط واتخاذ القرار المكاني (Sharifi et al, 2004 and Zucca et al, 2008) .

وبالتالي فقد أجرى الباحث العمل الميداني بتاريخ 2013/3/15م للتحقق و التأكد من مطابقة النتائج التي تم التوصل اليها من خلال التكامل ما بين(GIS&R.S) والنماذج الهيدرولوجية بهدف تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر الأردني لاختيار افضل المواقع لاقامة مشاريع الحصاد المائي (الحفائر والسدود) على أرض الواقع ، حيث تم اختيار تسعة مواقع تمثل مناطق ملائمة وملائمة جدا لاقامة السدود و الحفائر واختبارها ميدانيا،الشكل (136).



الشكل (136) المواقع التي تم اختبارها ميدانيا
(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

- ويمكن تحديد نتائج العمل الميداني لكل موقع على النحو التالي :

- الموقع رقم (1) : يقع على بعد (1.4 كم) الى الشرق من بلدة الهاشمية ، وعلى بعد (1كم) شرق الطريق الصحراوي على الأجزاء السفلى من وادي الخور، حيث يعتبر من المواقع الملائمة لانشاء السدود اذ يتوافق اختياره مع معايير الملائمة لاقامة السدود التي حددها الباحث ، ولكن يمكن اعتبار هذا الموقع غير ملائم جدا أو الى حد كبير لأن معدل الأمطار للمناطق التي تغذي هذا الوادي تتراوح ما بين (100-200ملم) بالرغم أن ذلك لا يعيق نجاح اقامة السد في هذا الموقع ، أما هندسيا فقد لاحظ الباحث أن جوانب الوادي تبدو كأكتاف ملائمة هندسيا لانشاء السد ، الشكل (137) .



الشكل (137) موقع السد الذي أختير على وادي الخور شرق بلدة الهاشمية

- **الموقع رقم (2)** : يقع على بعد (920م) جنوب الطريق الواصل ما بين محطة عنيزة والشوبك على وادي مرمى قطاوي ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة جدا لاقامة السدود حيث يتفق اختيارة مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة جدا لاختيار مواقع السدود ، كما يتفق اختيار هذا الموقع مع المعايير الهندسية المتمثلة بوجود أكتاف للوادي ، الشكل (138) .



الشكل (138) موقع السد الذي أختير على وادي مرمى قطاوي

- **الموقع رقم (3)** : يقع على بعد (1كم) جنوب الطريق الواصل ما بين محطة عنيزة والشوبك على وادي مضيبيع ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة جدا لاقامة السدود حيث يتفق مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة جدا لمواقع السدود ، كما يتفق اختيار هذا الموقع مع المعايير الهندسية المتمثلة بوجود أكتاف للوادي ، الشكل (139) .



الشكل (139) موقع السد الذي أختير على وادي مضيبيع

- **الموقع رقم (4)** : يقع على بعد (500م) شمال الطريق الواصل ما بين محطة عنيزة والشوبك على الأجزاء العليا من وادي الخور ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة جدا لاقامة السدود حيث يتفق مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة جدا لاختيار مواقع السدود ، كما يتفق اختيار هذا الموقع مع المعايير الهندسية المتمثلة بوجود أكتاف للوادي ، الشكل (140) .



الشكل (140) موقع السد الذي أختير على الجزء الأعلى من وادي الخور

- **الموقع رقم (5)** : يقع على بعد (1.7كم) جنوب شرق الزبيرية على بعد (500م) الى الغرب من الطريق الواصل ما بين الشوبك والجرباء الكبيرة بالقرب من وادي مرمى قطاوي ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة جدا لاقامة الحفائر حيث يتفق الموقع مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة جدا لمواقع الحفائر ، الشكل (141) .



الشكل (141) موقع الحفيرة الذي أختير بالقرب من بلدة الزبيرية

- **الموقع رقم (6)** : يقع على بعد (2كم) جنوب شرق الشوبك على بعد (600م) شرق الطريق الواصل ما بين الشوبك والجرباء الكبيرة بالقرب من وادي مرمى قطاوي ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة جدا لاقامة الحفائر حيث يتفق مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة جدا لاختيار مواقع الحفائر ، الشكل (142) .



الشكل (142) موقع الحفيرة الذي أختير جنوب شرق الشوبك

- **الموقع رقم (7)** : يقع على بعد (600م) جنوب شرق المنشية على بعد (1.3كم) شرق الطريق الواصل ما بين الشوبك والجرباء الكبيرة بالقرب من وديان عشوش ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة لاقامة الحفائر حيث يتفق مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة لمواقع الحفائر والتي تتراوح فيها معدلات الأمطار ما بين (100-200ملم) ، الشكل (143) .



الشكل (143) موقع الحفيرة الذي أختير جنوب شرق المنشية

- **الموقع رقم (8)** : يقع على بعد (2.6كم) جنوب شرق المنشية على بعد (2.8كم) الى الشرق من الطريق الواصل ما بين الشوبك والجرباء الكبيرة على وديان عشوش ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة لاقامة السدود حيث يتفق مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة للسدود والتي تتراوح فيها معدلات الأمطار ما بين (100-200ملم) ، كما يتفق اختيار هذا الموقع مع المعايير الهندسية المتمثلة بوجود أكتاف للوادي ، الشكل (144) .



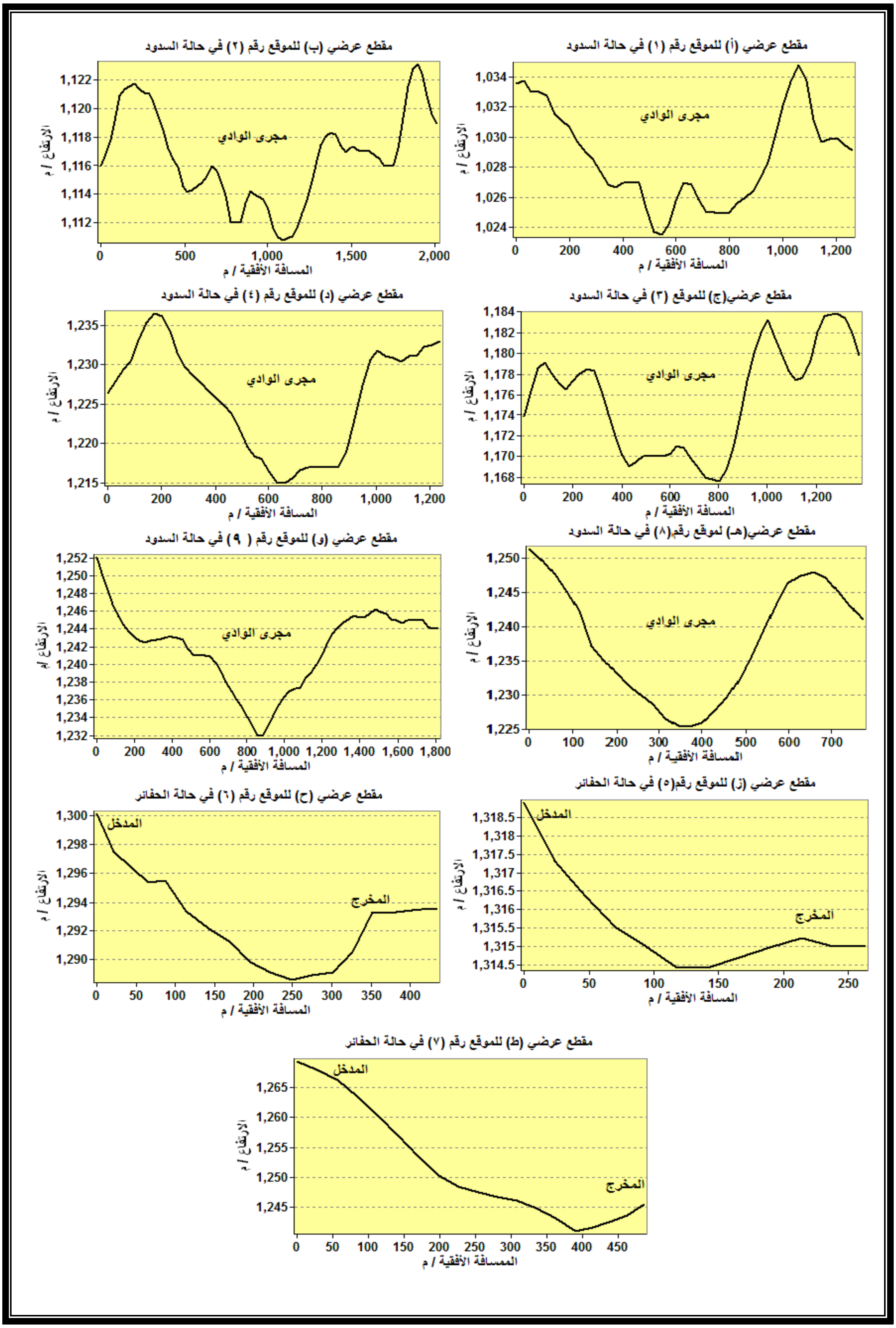
الشكل (144) موقع السد الذي أختير جنوب شرق المنشية على وديان عشوش

- **الموقع رقم (9)** : يقع على بعد (3كم) شمال شرق المنشية على بعد (2.8كم) الى الشرق من الطريق الواصل ما بين الشوبك والجرباء الكبيرة على وديان عشوش ، حيث يعتبر من المواقع الملائمة جدا لاقامة السدود حيث يتفق مع المعايير التي حددها الباحث لاختيار المواقع الملائمة جدا للسدود والتي تتراوح فيها معدلات الأمطار ما بين (100-200ملم) ، كما يتفق اختيار هذا الموقع مع المعايير الهندسية المتمثلة بوجود أكتاف للوادي ، الشكل (145) .



الشكل (145) موقع السد الذي أختير شمال شرق المنشية على وديان عشوش

كما تقدم عملية اعداد المقاطع العرضية للمناطق التي تم اختيارها للاختبار الميداني في تعزيز الدقة في اختيار المواقع المناسبة لاقامة مشاريع الحصاد المائي ،(146) .



الشكل (146) مقاطع عرضية لمواقع الاختبار الميداني

(المصدر : عمل الباحث باستخدام GIS)

أخيرا يعتبر العمل ميداني ضروري في اتخاذ القرار المكاني ويحتاج الى الخبره الشخصية والدراية الكافية بطرق اختيار المواقع المناسبة لمشاريع الحصاد المائي من خلال التقييم والتحليل الناجحين للمعطيات المكانية المختلفة والمتنوعة وبالتالي تنجح الطريقة الهرمية في تحقيق الدقة العالية ودعم عملية اتخاذ القرار المكاني من خلال المراحل المتتالية والمكملة لبعضها البعض من أجل تحقيق أهداف هذه الدراسة .

11:7 مناقشة النتائج والتوصيات :

- النتائج :

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو استكشاف أو تحري إمكانية التكامل للبيانات سواءً أكانت بيانات الاستشعار عن بعد، نظام المعلومات الجغرافية والنمذجة الهيدرولوجية لتقييم احتمالية تحديد مواقع مشاريع حصاد مياه الأمطار في حوض الجفر حيث ندرة البيانات والمناطق النائية والبعيدة ، حيث تطلب ذلك تطوير أوبناء نموذج تم إعداده من خلال عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) لإعداد مجموعة من الطبقات او الخرائط المتعلقة بالمعايير والمحددات الطبيعية، البيئية والاجتماعية لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر وإنتاج خرائط الملائمة لحصاد مياه الأمطار (RWH) واتخاذ القرار المكاني في تحديد أنسب المواقع لمشاريع الحصاد المائي السدود والحفائر، وبناءً على ذلك فقد توصلت الدراسة إلى النتائج التالية:

1- تمثل هذه الدراسة إسهاماً في تحليل الموقع المتعلق بحوض الجفر لإمكانية حصاد مياه الأمطار باستخدام مرئيات الأقمار الصناعية مع أدنى بيانات مكانية ممكنة أو متوفرة.

2- تعتبر نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من أفضل الأدوات المستخدمة من خلال عمليات الإدخال، التحليل، المعالجة وتوفير المخرجات اللازمة لتقييم احتمالية الحصاد المائي واتخاذ القرار المكاني لتحديد أفضل المواقع لمشاريع الحصاد المائي.

3- تشير نتائج تطبيق نموذج (TM) والذي يعبر عن القيمة الفعلية للأمطار إلى وقوع معظم أجزاء حوض الجفر ضمن الإقليم المناخي الجاف حيث تقل معدلات الأمطار عن 50 ملم، وتزيد درجات الحرارة عن 28° م، كما يتدرج ارتفاع معدلات الأمطار وانخفاض معدل درجة الحرارة السنوي بالاتجاه نحو الغرب والشمال الغربي حيث يبلغ أعلى معدل للأمطار في حوض الجفر في منطقة الشوبك حوالي 259.1 ملم، وأدنى معدل درجة حرارة حوالي (13°م) لنفس المنطقة، كما تبلغ مساحة المناطق التي يقل فيها المعدل السنوي للأمطار عن (100 ملم) حوالي 84% من مساحة حوض الجفر، كما تشير نتائج تطبيق نموذج (TM) المتعلقة بالموازنة المائية إلى أن مناطق الفائض المائي في حوض الجفر لم تتجاوز 13.5% من مساحة الحوض الكلية وتتركز معظم هذه المناطق في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية في محطات الشوبك، القويرين، البسطة، أذرح والصداقة، كما يمكن الاعتماد على النتائج التي تم التوصل إليها من خلال هذا النموذج لتحديد المواقع الممكنة لحصاد مياه الامطار باعتباره من المعايير المكانية والزمانية الموثوقة في تحديد الوضع المائي في حوض الجفر.

4- أثـر كبـر مسـاحة منطقـة الدراسـة (12045 كـم^2) بنسـبة 13.52% مـن مسـاحة المملكـة الأردنيـة الهاشـمية فـي تنـوع الخصـائص الطبيعيـة الجيولوجيـة، التربـة، المنـاخ، النبـات الطبيعـي والخصـائص الأشـكال الجيمورفولوجيـة وبالتـالي فـي مـدى تأثيرهـا فـي تقيـيم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر.

5- تركز معظم السكان والأنشطة البشرية في الأجزاء الغربية والشمالية الغربيـة من حـوض الجفـر بمـا يتوافـق مـع ملائمـة الظـروف المناخيـة والطبيعيـة لنشـوء وتطـور التجمعـات والأنشطة البشرية المختلفة.

6- يعتبـر التركيـب الجيولـوجي (B3) والـذي يتبـع تكـوين المـوقر مـن أفضـل التراكيـب الجيولوجية وأكثرها ملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي التخزينية، ويشكل هذا التكوين 43.8% من مساحة منطقة الدراسة باعتبار هذا التركيب غير منفذاً للماء ويعطـي فرصـة كبيرة لتخزين المياه فوقه نظراً لسماكته التـي تتجاوز 450م فـي بعض أجزاء حـوض الجفر مقارنة بالتكوينات الأخرى مثل (الكرنب، عمان – وادي السير، والرجام) والتـي تعتبر طبقات حاملة للمياه الجوفية، كم تؤثر التراكيب الجيولوجية المتعلقة بالصدوع في تقييم احتمالية الحصاد المائي لتخزين المياه الجارية بسبب هروب المياه نحو الأسفل في حال أقيمت مشاريع الحصاد المائي فوق الخطوط الصدعية.

7- يصل معامل الجريان السطحي في حوض الجفر حوالي (8.3%) من معدل الأمطـار فـي حوض الجفر الذي يبلغ 80.8% .

8- تـرتبط مسـاحة الأحـواض المائيـة الثانويـة فـي حـوض الجفـر الرئيسـي بعلاقـة عكسـية مـع كميـات الأمطـار وشـدة العواصـف المطريـة، حيـث تمتـاز هـذه الأحـواض بكبـر مسـاحتها وضـياع ميـاه الأمطـار الجاريـة قبـل وصـولها المخـارج الرئيسـية لهـا ، كمـا يتبـاين حجـم التصريف المائي والناتج الرسوبي للأحواض الثانويـة تبعاً لتباين مساحة هذه الاحـواض والأمطار المساحية لها أيضا.

9- يشتمل حوض الجفر علـى 6204 مجرى مائياً تتبـاين فـي رتبهـا وأعدادها وأطوالهـا من حوض مائي ثـانوي لآخر، حيث تتميز الأوديـة الرئيسية فـي حـوض الجفـر بطولهـا وأن معظمهـا أوديـة انتشـارية تعمـل علـى نشـر الميـاه الجاريـة بعـد تجمعهـا علـى العديـد مـن المصارف الأمر الذي يؤدي إلى فقدان الجزء الاكبر منها بالتبخر أو التسرب.

10-تتراوح درجات الانحدار في حوض الجفر مـا بين (صـفر – 63 درجـة) وتعتبـر المنـاطق التي يقل انحدارها عن (5%) مناطق ملائمة جداً لاختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي.

11-تؤثر خصائص التربة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر حيث تعتبر التربة الطينية والتربة الطينية الغرينية من أنسب انواع الترب لإقامة مشاريع الحصاد المائي لقلة نفاذيتها وارتفاع نسبة الطين في تكوينها.

12-تعتبر عملية دراسة الأشكال الأرضية بالغة الأهمية عند تنفيذ مشاريع الحصاد المائي باعتبارها جزءاً من الحوض المائي.

13-يعتبر الغطاء النباتي الطبيعي ذو تأثير منخفض على الجريان السطحي في حوض الجفر لانخفاض كثافته، كما يمكن اعتبار الأراضي الرعوية هي أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي لاعتبارات اقتصادية واجتماعية.

14-أدى كبر مساحة منطقة الدراسة إلى التباين في قيم العناصر المناخية، فقد تراوحت قيمة معدل التبخر السنوي ما بين (70 – 133 ملم)، معدل الرطوبة النسبية (51 – 60%)، سرعة الرياح(4-6 كم/ساعة) ومعدل ساعات سطوع الشمس حوالي (9.04 ساعة/يوم).

15- تطابق توزيع النبات الطبيعي مع التوزيع المكاني للأمطار، ومع توزيع التربة في حوض الجفر.

16- بدت طريقة (SCS-CN) في هذه الدراسة كحل فعال لتقدير الجريان السطحي نظراً لعدم توفر السجلات المتعلقة بالجريان المائي ، كما قدمت طريقة (SCS-CN) نتائج عالية الدقة في تقدير الجريان السطحي الذي يعتمد على العواصف المطرية، حيث تبين من خلال الدراسة أن محطة الشوبك حققت أعلى معدل للجريان السطحي خلال الفترة (1970 – 2010م) حوالي 27.4 ملم، وأن محطة أو طرفة كانت الأقل في معدل الجريان المائي حوالي 0.1 ملم لنفس الفترة.

17-يشير التباين الزماني والمكاني في قيمة رقم المنحنى (CN) إلى التباين في الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي بالإضافة إلى التباين في نسيج التربة في حوض الجفر، حيث بلغت قيمة رقم المنحنى في الظروف الجافة (52.2)، الظروف العادية (80) وفي الظروف الرطبة (90.2)، وهذا بدوره أثر في المخزون السطحي (S)، والفاقد الأولي (Ia) ، كما تتباين مجموعات التربة الهيدرولوجية تبعاً لتباين نسيج التربة في حوض الجفر، حيث تشكل مجموعة التربة (A) 52.3% من مساحة منطقة الدراسة في حين لم تشكل المجموعة (C) سوى 0.5% من مساحة منطقة الدراسة.

18-تشير نتائج الموازنة المائية التي تعتمد على طريقة (SCS-CN) إلى وجود موازنة مائية موجبة في جميع محطات منطقة الدراسة مع دخول فصل الشتاء بالرغم من تباينها من مكان لآخر.

19-تطابق النتائج التي توصل إليها الباحث باستخدام نموذج (TM)، ونتائج طريقة (SCS-CN) إلى حد كبير في تقدير الموازنة المائية والجريان السطحي في حوض الجفر.

20-أثبتت عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) أهميتها في اتخاذ القرار المكاني لتقييم احتمالية الحصاد المائي وتحديد أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي من خلال توفير معايير التخطيط اللازمة لإنجاز و تحليل البيانات المكانية واتخاذ القرار المكاني بناءاً على ذلك.

21-حقق التكامل ما بين النماذج الهيدرولوجية وكلاً من الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية فعالية عالية في تحديد مناطق الملائمة لتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر، واتخاذ القرار المكاني في اختيار أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي.

22-من أجل التقييم الأمثل لاحتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر لابد من الدراسة البيئية الشاملة، المتكاملة والعلمية من أجل تحديد المعايير الملائمة والأقل خطورة على المحيط البيئي والاجتماعي والأقل خطورة على المدى البعيد لاختيار الموقع الملائم لمشروع الحصاد المائي.

23-تتباين المعايير الملائمة في أهميتها وبالتالي في الوزن الذي أعطى لكل معيار، كما تعتبر طريقة الرتب (Ranking) من أفضل طرق وزن المعايير المكانية المتعلقة بتقييم احتمالية الحصاد المائي.

24-أشارت نتائج تحليل الحساسية إلى التغير في مدى الملائمة لإقامة مشاريع الحصاد المائي تبعاً لتغير اهمية العامل وظهر ذلك واضحاً عند استخدام طريقة المفاضلة لتحليل الحساسية.

25-تعتمد تقديرات الملائمة والأوزان لكل معيار على أهمية العامل الذي يؤثر في اختيار موقع مشروع الحصاد المائي حيث تعتبر العوامل الهيدرومناخية المرتبطة بالأمطار، الجريان السطحي والموازنة المائية من اهم العوامل التي تؤثر في اختيار مواقع مشاريع الحصاد المائي.

26-أثبت النموذج الذي تم تطويره أو بناءه في هذه الدراسة باستخدام (GIS) فعاليته وإمكانية تطبيقه في كافة مناطق المملكة وفي مناطق مختلفة من العالم وخاصة في المناطق النائية التي تعاني من نقص في البيانات الضرورية لهذا النوع من الدراسات.

27-مطابقة النتائج التي تم التوصل إليها في العمل الميداني والنتائج المبينة على نموذج التكامل الذي طوره الباحث باستخدام نتائج طريقة (SCS-CN)، والبيانات المستخلصة من مرئيات الأقمار الصناعية في بيئة نظام المعلومات الجغرافية (GIS).

28-ضمان نجاح مشاريع الحصاد المائي في المناطق الملائمة والملائمة جداً كونها اختيرت باستخدام نظام المعلومات الجغرافية ضمن المعايير المطبقة عالمياً.

29-ادى كبر عدد المعايير التي طبقها الباحث إلى دقة النتائج وبالتالي ضمان نجاح المشاريع لدرجة عالية جداً.

30-حددت الشروط والمعايير التي تم وضعها ووزنها مدى الملائمة بدقة عالية لإقامة الحفائر والسدود الأمر الذي يسهل على صناع القرار وواضعي السياسات المائية الكثير من الوقت والجهد في البحث عن أنسب المواقع لإقامة هذه الأنواع من المشاريع وعدم إضاعة الوقت والجهد في إقامة مشاريع غير ناجحة.

31-تبين من خلال الدراسة أن معظم المواقع الملائمة جداً لاقامة الحفائر تقع في المناطق الرعوية، وهذه بدورة يخدم المجتمع المحلي في حوض الجفر، كما وجد من خلال الدراسة أن معظم المواقع الملائمة جداً لإقامة السدود تقع بالقرب من الطرق والمناطق السكنية وهذا يخدم المجتمع المحلي أيضا.

32-توصلت الدراسة إلى إمكانية تعديل الشروط المتعلقة بمعايير الملائمة، إذا رأى صانعي القرارات المكانية ضرورة إقامة مشاريع الحصاد المائي لحقن المياه الجوفية وليس لتخزين المياه الجارية والتي تتضمن الشروط المتعلقة بالتركيب الجيولوجي من خلال استثناء التركيب (B3)، الصدوع بإقامة المشاريع فوق خطوط الصدوع، المحتوى الطيني للتربة من خلال اختيار الترب ذات المحتوى الطيني المنخفض كذلك الموقع بالنسبة للآبار.

- المناقشة :

تتطلب عملية تقييم احتمالية الحصاد المائي توفر البيانات المكانية والزمانية الدقيقة للمنطقة التي يحتمل حدوث الجريان السطحي فيها من خلال تقييم احتمالية الحصاد المائي حيث تزود هذه الدراسة بطريقة متكاملة (Integrated Approach) لنموذج النمط الزماني والمكاني (Spatial-Temporal Pattern) لمناطق احتمالية الجريان السطحي باستخدام نموذج -SCS) (CN مع المدخلات المستخرجة من بيانات الاستشعار عن بعد (R.S) بمساعدة نظام المعلومات الجغرافية (GIS) ومن أجل تقييم المواقع التي يحتمل فيها الحصاد المائي (RWH potential) في حوض الجفر اعتمدت الدراسة على مجموعة من المدخلات المكانية والزمانية (الطبيعية والبشرية) لإيجاد صيغة متكاملة تتضمن مجموعة من المدخلات التي تم اشتقاقها أو توفيرها بطرق مختلفة تحقق التكامل ما بين استخدام النماذج الهيدرولوجية وبيانات الاستشعار عن بعد في بيئة نظام المعلومات الجغرافية لاتخاذ القرار المكاني في تحديد أفضل المواقع لإقامة مشاريع الحصاد المائي، حيث توصلت الدراسة في النهاية الى تحديد أفضل المواقع لإقامة الحفائر والسدود بتحديد مجموعتين من المعايير التي تمكننا من الحصول على أفضل النتائج وبدقة عالية، كما نوه الباحث في مقامٍ سابق أنه يمكن إضافة بعض المعايير أو تجاهل أخرى إذا كان ذلك يخدم الهدف العام للدراسة بحيث لم يقلل ذلك من قيمة النتائج التي تم التوصل إليها.

كما تمكن الباحث من خلال العمل الميداني الذي قام له بتاريخ 2013/3/15م من التأكيد على دقة النتائج التي تم التوصل إليها، وأظهر ذلك الدقة العالية التي تحققها عملية التكامل ما بين النماذج الهيدرولوجية وكلاً من (GIS&R.S) كأدوات فعالة في اتخاذ القرار المكاني على النحو الآتي:

1. الحفائر:

يلاحظ من الشكل (135) أن منطقة الدراسة قسمت إلى أربع مناطق ملائمة لإقامة الحفائر هي المناطق الملائمة جداً، المناطق الملائمة، المناطق متوسطة الملائمة والمناطق غير الملائمة وبالتالي فإن الشروط والمعايير التي تم وضعها ووزنها فيما بعد حددت مدى الملائمة بدقة عالية الامر الذي يسهل على صناع القرار، ومخططي السياسات المائية الكثير من الوقت والجهد في البحث عن أنسب المواقع لإقامة مشاريع الحفائر وعدم إضاعة الوقت والجهد في إقامة مشاريع غير ناجحة كما يرتبط ذلك بقيام الباحث بمسح بيئي شامل لحوض الجفر تناول فيه كافة الخصائص الطبيعية والبشرية لتخدم الهدف العام لهذه الدراسة في تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر، وإن قام الباحث بتجاهل بعض المتغيرات بعد أن تم تقييمها - مع التأكيد على أهمية تناولها- كذلك لتخدم دراسات أخرى يمكنها الاستفادة من الكم الهائل من البيانات التي

وفرتها هذه الدراسة، كما راعى الباحث ضمان سلامة مشاريع الحفائر من الناحية الهندسية من خلال مراعاة الجانب الجيولوجي بالإضافة لمراعاة الجوانب الاقتصادية والاجتماعية باختيار المواقع التي تقلل التكلفة الاقتصادية و الوقت، وتخدم المجتمع المحلي من خلال اختيار المواقع المناسبة لهذه المشاريع حيث تبين أن معظم المواقع الملائمة جداً لاقامة الحفائر تقع ضمن المناطق الرعوية.

2. السدود:

تم اختيار مواقع السدود على مجاري الأودية ضمن مسافة لا تزيد عن (50م) من مجرى الوادي بالإضافة إلى مراعاة جميع المعايير الأخرى المتعلقة بالحفائر عند اختيار المواقع المناسبة لإقامة السدود، مع الأخذ بعين الاعتبار الهدف من إنشاء مشاريع الحصاد المائي في خدمة المجتمع المحلي والسكان في منطقة الدراسة ، كذلك الأخذ بعين الاعتبار ضمان سلامة مشاريع السدود وعدم تعرضها للأخطار والأمور التقنية الأخرى وهذا ما اتضحت معالمه عند القيام بالعمل الميداني، و يتضح ذلك في الشكل (134)، الذي يبين تصنيف منطقة الدراسة إلى أربع فئات ملائمة، حيث كانت المناطق الملائمة جداً قريبة إلى حد كبير من الطرق الرئيسية والمناطق السكنية وتحقق هدف خدمة المجتمع المحلي وتبعد مسافة آمنة عن الصدوع لتضمن عدم تعرض السد للخطر وهذا ما تم تأكيده في العمل الميداني، وبالتالي فإن الشروط والمعايير التي تم وضعها لتحديد مواقع السدود حددت مدى الملائمة بدقة عالية و بصورة تسهل على صناع القرار ومتخذي السياسات المائية توفير الوقت والجهد في اختيار المواقع الأنسب لإقامة السدود.

أخيرا تمكنت الدراسة من اثبات الفرضيات المتعلقة بتقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام (GIS&R.S)، على النحو التالي :

- امكانية استخدام مجموعة بيانات الأقمار الصناعية ونظام المعلومات الجغرافية في تقييم احتمالية حصاد مياه الامطار في حوض الجفر .

- أثرت الخصائص الطبيعية والبشرية في منطقة الدراسة في تحديد مدى ملائمة حوض الجفر لاقامة مشاريع الحصاد المائية .
- أثبت تطبيق نموذج (TM) فعالية عالية في تقدير الموازنة المائية في حوض الجفر .
- الفعالية العالية لتطبيق طريقة (SCS-CN) في تقدير الجريان السطحي و معامل الجريان السطحي في حوض الجفر .
- تمكنت الدراسة من تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه الأمطار في حوض الجفر من خلال التكامل بين تقنيتي (R.S&GIS) والنماذج الهيدرولوجية .

- التوصيات:

1- ضرورة إشراك المجتمع المحلي في اتخاذ القرار المكاني، بعد تحديد المواقع المناسبة لمشاريع الحصاد المائي باستخدام نظام المعلومات الجغرافية لضمان تحقيق كافة الأهداف المنشودة للمشروع.

2- الأخذ بنتائج هذه الدراسة واعتماد معاييرها في إقامة المشاريع المستقبلية للحصاد المائي في المناطق المختلفة من المملكة.

3- إعطاء الاولوية للمواقع الملائمة والملائمة جداً لتنفيذ مشاريع الحصاد المائي.

4- ضرورة اعتبار الخرائط النهائية للحفائر والسدود كخرائط مواقع حساسة يقيد أي نشاط في تلك المناطق، وتطبق الشروط البيئية لحمايتها.

5- ضرورة أخذ الأمور الهندسية والتقنية بعين الاعتبار عند تنفيذ مشاريع الحصاد المائي في المواقع التي تم اختيارها.

6- الأخذ بعين الاعتبار أن تكون المناطق المختارة واقعة ضمن أراضي خزينة الدولة لتعميم الفائدة على جميع السكان، وتقليل كلفة الإنشاء.

7- يمكن تعديل الشروط المتعلقة بمعايير الملائمة المتعلقة بالصدوع، التركيب الجيولوجي والمحتوى الطيني للتربة لتناسب مشاريع الحصاد المائي المتعلقة بشحن المياه الجوفية.

8- يفضل استخدام المرئيات الفضائية الحديثة لاستخراج استعمالات الأراضي، والتي توضح التطور والتغير المستمر على استعمالات الأراضي لتلافي وجود استعمالات قد تعيق تنفيذ مشاريع الحصاد المائي ضمن المواقع المختارة.

9- إقامة محطات هيدرولوجية على الأودية لتوفير البيانات الدورية والدقيقة المتعلقة بالجريان المائي السطحي في حوض الجفر والأحواض الاخرى في المملكة.

10-التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي في المملكة باعتبار الأردن من أربع دول الندرة المائية في العالم، بالإضافة للاستخراج الآمن للمياه الجوفية.

11-إيجاد طرق حصاد مائي تتلائم وطبيعة مناخ منطقة الدراسة .

المصادر والمراجع

- المراجع العربية :

- الأكساد (1983)، **الموارد الطبيعية والبشرية (الموارد المائية السطحية)** ، دراسات حوض الحماد ، الجزء(1) ، الملحق(3) ، التقرير النهائي-8، دمشق .
- الأنصاري، نظير(2005) ، **علم المياه السطحية التطبيقي** ، المفرق : جامعة آل البيت .
- الشريقي، عماد(1999)، **دراسة مقارنة للمعلومات البيئية لحوض الجفر باستخدام الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية** ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة آل البيت ، المفرق ، الأردن .
- الكيلاني،صفاء (2007) ، **استخدام نظم المعلومات الجغرافية في اعداد العامل المطري والموازنة المائية للجمهورية العربية السورية** ، رسالة دكتوراة غير منشورة ، جامعة حلب، حلب ، سوريا .
- حسن، محمد يوسف و شريف، عمر حسن والنقاش، عدنان باقر(1990)، **أساسيات علم الجيولوجيا**، نيويورك ، جون وايلي وأولاده.
- الحنبلي، مريم (2002)، **أنظمة الحصاد المائي التاريخية والقائمة: دراسة مقارنة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة آل البيت، المفرق، الاردن.
- دائرة الإحصاءات العامة (2010) ، **بيانات سكانية** ، عمان ، الأردن.
- دائرة الاحصاءات العامة (2010)، **احصاءات البيئة** ، عمان ، الأردن .
- السلاق، محمد و فرح، إبراهيم، (1997) ،**الحفائر: برنامج بحث وتطوير البادية الأردنية**، المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا ، عمان ، الأردن،1-12.
- سلامة، حسن (2004) ، **أصول الجيومورفولوجيا** ، (ط1) ، عمان : دار المسيرة.
- سلطة المصادر الطبيعية (2010)، **خرائط جيولوجية مقاييس** (1: 100000، 1: 50000) . عمان ، الأردن .
- سلطة المصادر الطبيعية (2011)، **خريطة التراكيب الجيولوجية مقياس (1 : 650000)**، عمان ، الأردن.
- شحادة، نعمان (1990)، **مناخ الأردن**(ط1) ، عمان : دار البشير .
- شرف، عبد العزيز(1985) ، **الجغرافيا المناخية والنباتية**،(ط1) ، القاهرة: دار الجامعات المصرية .
- عابد، عبد القادر (1982) ، **جيولوجيا الأردن** ،(ط1) ، عمان:مكتبة النهضة الإسلامية.

- عابد، عبد القادر(2000)، **جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه**، (ط1)، عمان: منشورات نقابة الجيولوجيين الأردنيين: سلسلة الكتب العلمية 1 .
- عويس، ذيب و برينز، ديتر وحاجم، أحمد(2003)، **تقنيات تقليدية لتطوير البيئات الأكثر حفاظاً**، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا).
- لوند ،حسين(2006) ، **دور تقانات حصاد المياه بالمساقط المائية الصغيرة في الحد من التصحر في باديتي حمص وحماه السورية** ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة حلب،حلب،سوريا .
- **مؤتمر التعدين الأرني الثاني** (1997)،واقع ومستقبل المياه في الأردن،المجلد الثاني ، نقابة المهندسين الأردنيين ،26-1997/4/29.
- المركز الجغرافي الملكي(1992) **خرائط طبوغرافية مقياس (1: 250000): لوحات رقم (أ غ 7، أ غ 8، أ غ 6، أ غ 5)**،(ط1) ، عمان ، الأردن .
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية(2002)، تعزيز استخدام تقانات الحصاد المائي في الدول العربية، **(www.aoad.org/ftp/NRE_WaterHarvest.doc) .**
- وزارة البلديات (2011) ، **بيانات وخرائط التقسيمات الإدارية لمحافظة معان**، عمان، الأردن.
- وزارة الزراعة الأردنية(1994)،**خرائط تربة مقياس (1: 250000) : لوحات رقم (2، 3، 5، 6)** ،(ط1) ،عمان ، الأردن .
- وزارة المياه والري (2013) ، **الأجندة الوطنية / قطاع المياه: 2013-2020م** ، عمان الأردن.
- وزارة المياه والري (مديرية الحصاد المائي : مديرية السدود)(2002)،**منشورات وبيانات هيدرولوجية**، عمان ، الأردن .
- وزارة المياه والري (2010) ، **بيانات هيدرولوجية ومناخية**، عمان ، الأردن .

- المراجع الأجنبية:

- Abdel-Khaleq,R.A,(2008),"Water Demand Management in Jordan,**(http://www.semid.net/media_server/files/5/J/200806_WDM_Jordan.pdf**.
- Abdulla,F. A and Al-Omari, A.S(2008), "Impact of climate change on the Monthly Runoff of Asemi-Arid Catchment case study Zarqa River Basin (Jordan), **Journal of Applied Biological science** ,2 (1), 43-50.
- Abu Khyarah, A(2002),**GIS Hydrological Models for Managing Water Resources in the Zarqa River Basin**, Unpublished Master Dissertation, Jordan University of science and Technology, Irbed, Jordan.
- Adebe,A and Foerch,G.(2006),**Catchment Characteristics as Predictors of Base Flow Index (BFI) in Wadi Shebele River Basin, East Africa**, Conference on Intenational Agricultural Research for Development, University of Bonn, October 11-13,2006.
- Aguilar-Manjarrez,J.andRoos,L.G (1995),Geographical Information system(GIS)Environmental ModelsforAquaculture International, **http://www.GISdevelopment.net**,3,103-115.
- Al- Jabari, S. Abushark, M. and Al-Mimi, Z.(2009), Estimation of Runoff for Agricultural Watershed Using SCS Curve Number and GIS,**Thirteenth International Water Technology**,IWTC13, Hurghada, Egypt, 1213-1228.
- Al-Adamat, R.A.(2008), GIS A Decision Support system for Sitting Water Harvesting Ponds in Jordan, **Journal of Environments Assessment policy and Management,** 10 (2), 189-206.
- Al-Adamat. R.A. Diabat,A and Shatnawi,GH(2010), Combining GIS with Multi Criteria Decision Making for Sitting Water Harvesting

Ponds in Northern Jordan, **Journal of Arid Environments** ,74, 1471-1477.

- Alraggad,M.M(2009),**GIS-Based Ground Water Modeling and Hydrogeochemical Assessment of the Nothern part of the Dead Sea Ground Water Basin (ATоо) for GrounWater Management**. Unpublished PhD Dissertation, University of Jordan,Amman .Jordan.
- Al-Kharabsheh, A. (1995), **Possibilities of Artificial GroundWater Recharge in the Azraq Basin: potential Surface Water Utilization of Five Presentative catchment Areas (Jordan),**Unpublished PhD Dissertation,Selbstverlage des Lehr-u.Forschungsbereichs. Hydrologie und Umwelt am Inst,Fur Geologie.
- Al-Labadi, M.(1994),**Water Harvesting in Jordan – Existing and Potential Systems**.In:FAO,Water Harvesting for Improved Agricultural Production, Export Consultation, , FAO, Rome, 21-25 Nov1993,221-231.
- Al-Nubani, N.(2000)**, Rainfall-Runoff process and Rainfall Analysis for Nablus Basin**, UnPublished Master Dissertation, An-Najah National University, Palestine.
- Amutha, R. and Porchelvan, p.(2009), Estimation of surface Runoff in Malattar Sub- Watershed Using SCS – CN Method, **Journal of Indian SOC. RemoteSens** ,37, 291-304.
- Anschütz, J.Kome, A. Nederlof,M.de Neef, R. Deven, T.V.(2003), **Water Harvesting and Soil Moisture Retention**, Agrodok 13, (2st ed.), Agrom is a Foundation, Wageningen, the Netherlands.
- Arnold, K(1986), **Rain Water Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas**,Intermediate Technology publication, London .

- Baban, S.and Wan-Yusuf,K.(2003),Modeling Optimum Sites for locating Reservoirs in Tropical Environment**,Journal of Water Resources Managemen**t ,17 (1), 1-17.
- Bakir, M and Liang, R.L.(2004), RainWater Harvesting Techniques in Syrian Desert (Badia Basin**), Journal of lake science**,16(1).
- Bakir,M.and Xingnan,Z.(2008**),GIS and Remote Sensing Applications for RainWater Harvesting in the Syrian Desert (AL-Badia)**,Twelfth Intenational Water Technilogy Confernce, IWTCI2, 2008, Alexandria, Egypt.
- Bancy, M.(2007), **Mapping the Potential of Rain Water Harvesting Technologies in Africa**, www.GISdevelopment.net/Application.
- Ben-Asher, J.(1988), **A Review of Water Harvesting in Israel**, world Bank working paper2. Work Bank Sub- Saharan Water Harvesting study, 47-69.
- Bender, F.(1974),**Geology of Jordan**, Supplementary Edition in English with Minor Revision, Gerber Baronetage Barlin Germany.
- Black, E. Brayshaw, D. Slingo,J.and Hoskins, B.(2011**), Future Climate of the Middle East In: Water, Life and Civilization: Climate Enveronment and society in the Jordan valley**,Mithen, S. and Black, E. (Eds). Cambridge, Cambridge Univ press, 51-62.
- Bruins, H.J. Evenari, M. and Nessler, V.(1986), RainWater Harvesting for Food production in Arid Zones**, Journal of Applied Geography**, 6, 13-32.
- Canada, J.R.and Green,K.(1999),**Assessing The Assussing the Accurcy of Remotely sensed data**: **Principles and practices**,USA,Lewis publishers.
- Chenowth, J.Hadjinciolaou, P. Bruggeman, A. Lelieveld, J, Levin, Z. Lange, M.A. Xoplaki, E, Hadjikakou, M.(2011), Impact of Climate

change on the Water Resources of the Eastern Miditerranean and Middle East Region: Modeled 21st Century changes**,Journal of Water Resources Research**, 47(1- 6) .

- Chow,V.T.Maidment,D.K. and Mays, L.W.(2002),**Applied Hydrology**, New York, USA, McGraw-Hill Book Company.
- Clapp, R.B and Hornberger,G.M.(1978), Empirical Equation for some soil Hydraulic Properties, **Journal of Water Resources Research**. 14 (4), 601-604.
- Cràciun,A.I.Haidu,I.Bilaşco,Şt.(2007), The SCS-CN Model Assissted by GIS-Alternative Estimation of the Hydric in Real Time, **Geographic Technica**, 1,1-7.
- Critchely,W.and Siegert, K.Chapman, C.(1991), Water Harvesting Schemes for planet production,FAO, Rome**, (www,Fao.org/docrep/U 316e07.htm)**, Last Accessed 10/2/2013.
- De Winnaar, G.Jewitt, G and Haron, M.(2007),A GIS-Based Approach for Identifying potential Runoff Harvesting sites in the Thukela River Basin (South Africa), **physics and chemistry of the Earth**, Part A/B/C, 32 (15-18),1058-1067.
- Desta, L, (2004) **Concepts of Rainwater Harvesting and its Role in Food security** ,the Ethiopian Experiences, Research paper, Ministry of Agriculture and Rural Development, Department of water Harvesting, Ethiopian.
- Evenari. M. Shano,L.and Tadmor,N.H.(1971),**The Neger, The challenges of A Desert**, Cambridge, Harvard university press .
- Evenri et al, 71.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO).(1977),**Aframwork for Land Evaluation:International**

Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, the Netherlands,87p.

- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO).(1983),Guidelines**:Land Evaluationfor Rainfed Agriculture**, FAO soils Bulletin,Rome,52.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO).(1987),**Soil and water Conservation in Semi-arid Areas**. FAO soils Bulletin, Rome,57.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO).(2002),Terrastat, **Global land Resources GIS Models and Date Bases For Poverty and Food Insecurity Mapping** , (Double CD-Ram). FAO Land and water Digital Media series.
- Frensh Agency of Development(AFD).(2011),**Water Demand Management in Mediterranean Countries: Thinking Outside the water Box! Jordan Case study(Jordan water Demand Management study)**, Diagnostic Report (Draft) and Water Valuation in Jordan Report (Draft).
- Gandini, M.L. Usunoff, E.J(20040, SCS Curve Number Estimation Using Remate Sensing NDVI in GIS Enveroment,**Journal Enveroment al Hydrology**,12,1-9.
- Gangodagomage,C.and Clarke, A.C.(2001),**Hydrological Modeling Using Remote Sensing,** Scond Asian Conference on Remote sensing, Singapore, 5-9 November2001.
- Gavade,V.V,Patil,R.R.Palkar. J.M. Kachar.K.y.(2001),**Site Suitability Analysis for surface Rain water Harvesting of Madha Tansil, Solapur**, Maharashtra: A Geoinformatic Approch", Esri India. 12th.
- Grayson,R.and Blôschl,G.(2002), **Spatial Pattern in Catchment Hydrology** ,2th , Cambridge University Press .

- Gupta, K. K. Deelstra, J and Sharma, K.D.(1997), Estimation of Water Harvesting Potential for A Semi-arid Area Using GIS and Remate Sensing for Design and Operation of water Resources system, **Proc International symposium**, Rabat, moroco ,242, 53-62.
- Hayek, B.O(2009), **Water Resources in the Arab Word: A case study on Jordan. In: Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts**, Berlin, Springer, 615-621.
- Howard, H.(1986) ,**Ground Water Study in the Shidiya**, Report for Natural Resources Authority, Jan 1986.
- Hujek, B.F. and Boyd,C.E.(1994). Rating Soil and water Information for Aquculture. **Aquacultural Engineering**, 13,115-128.
- Husdal,J.(2002), **Geographical Decision making Different in IDRISI** ,University of Leicester, , Found at www.Husdal.com, Last Accessed 21/2/2013.
- ICRAF and UNEF.(2005), **Potential of Rainfall Harvesting in Africa**, A GIS Overview.
- IPCC.(2007), **Contribution of working Group One to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel on climate change**,Solomon,S.Qin,D.Manning,M.Chen,Z.Marquis,M.Avery,K.B, Tignor, M. and Miller, H.L.(Eds). Cambridge, United Kingdom and Newyork, Ny, USA.
- Isioye,O.A,Shebe, M.W, Momoh, U.O and Bako, C.N.(2013), **A Multi Criteria Decision Support System (MDSS) For Identifying Rainwater Harvesting Site (s) in Zaria**, Kaduna State Nigeria, IJASETR1(1): Article #24.
- Ismail,J.(1986),**Modelling Rainfall- Runoff Relationship and Reervior Capacity and Operation for Wadi Wala Watershed**,

Unpublished Master Dissertation, university of Jordan, Amman, Jordan.

- Janssen, R. and Van Herwijnen, M.(1994), **Multi-Objective Decision Support for Environmental Management**, Dordrecht ,Netherlands, Kluwer Academic publishers .
- Japan International Cooperation Agency (JICA).(1990),**Water Resources Study of the Jafr Basin**, Final Report.
- Jasrotia,A.S and Majhi,A.(2009),Water Balance Approach for Rainwater Harvesting Using Remate sensing and GIS Techniques, **Journal of Jammu Himalaya**, India, water Resources Manage, 23, 3035-3055.
- Jennifer.A.(2007),**Improving Crop production Through Rainwater Harvesting: Morto District Case study (UGANDA)**, Unpublished Master Dissertation, University of Florence, Italy.
- Joy, K.J.Shah A.Paranjape, S.Badiger, S.,Leleg S.(2006**), Reoienting the watershed Development programme in India**, Occasional paper, forum for watershed Research and Dialogue.
- Kahinda,J.M.Boroto,R.J.Dube,R.andTaigbenu,A.E.(2007), **Preliminary Conceptual Model of the GIS Based Rainwater Harvesting Decision Support system**.
- Kahinda. J.M, Lillie. E.S.B, Taigenu,A.E .Taute. M and Boroto. R.J(2008), Developing Suitability Maps For Rainwater Harvesting in south Africa, **physics and chemistry of the Earth**, 33 (8-13), 788 – 799.
- Kajiru,G. J.Haribu,N.Bakari, A.M; Kishebuk, S.R.and young, M.D.B.(1999), Technical Note on performance of Macro-Catchment Rainwater Harvesting for Mais production,preliminary Results, **Tanzania Journal. Agric**, 2, 239-242.

- Kinoti,M.J.Woldai,T and Su,Z,.(2006), **Application of Expert Knowledge Based Multi-Criteria Evalution (MCE) process to select suitable Areas for water Harvesting systems in Sub-Saharan Africa: A case study of Tanzania**. In: AARSE, the National Authority for Remote sensing and space Science (NARSS), Tansania.
- Kumar, M, Agarwal, A. and Bali, R(2008), Delineation of potential Sites for Water Harvesting Structures Using Remote sensing and GIS, **Journal of the Indian Society of Remote sensing**, 36 (4), 323-334.
- Lelieveld, J. Hadjincolaou,P. Kostopoulou, E.Chenowth, J.Elaayar, M.GiannakoPoulos,C. Hannides, C. Lange, M., Tanarhte, M.Tyrlis, E. and Xoplaki, E(2012),Climale Change and Impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. **Climate Chang**e, 114 (3): 667-687.
- Linsley, R.K. Khole, R.M. A. and Pauhus, T.L. H.(1988), **Hydrology forEngineers**,Simetric.Edition,London,McGrow-Hill Book Company.
- Madsen,H.Wilson,G.Ammentrobro, H.(2002),Compairson of Different Automated Strategies for Calibration of Rainfull-Runoff Models, **Journal of Hydrology**, 261,48-59.
- Maguire,J.Micheal,F.Goodchild, D.Rhind, W.(19910, **Geographical Information system**, Longman Scientific Technical, Newyork ,John and Wiley & Sons, pp 9-45.
- Mahmoud,W.H.Roehrig,J and Ganawa,E.(2005),**Assessing the Potential of Flood Water Harvesting in Seleit Area Wadies Using R. S and GIS**, Sudan.
- Malczewski, J.(2004),GIS-Based Land Use Suitability Analysis: Critical overview, **Progress in planning**, 62 (1), 3-65.
- Mather, J.R.(1974) **Climatology: Fundamentals and Application**, New York, MC Graw-Hill Book Comp.

- Melton,M.A.(1958), Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and their Controlling Agents**,Journal of Geography**,66(4),442-460.
- Ministry of Water Agriculture .(1993),**Soil Map and Land Use Project for Jordan**,Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center,Uk,Level.1,Vol.2.
- Ministry of Water Agriculture .(1993),**Soil Map and Land Use Project for Jordan**,Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center,Uk,Level.1,Vol.2.
- Ministry of Water Agriculture .(1993),**Soil Map and Land Use Project for Jordan**,Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center,Uk,Level.1,Vol.2.
- Ministry of Water Agriculture .(1993),**Soil Map and Land Use Project for Jordan**,Hunting Technical Services LTD in Associated with Soil Survey and Land Research Center,Uk,Level.1,Vol.3.
- Munyao,J.N(2010),**Use of Satlite Products to Assess Water Harvesting Potential in Remote Areas of Africa: A Case study of Unguja Island**, Zanzibar, Unpublished Master Dissertation, (ITC), Enchede, Netherland.
- Musa, I.J.Shehu,A. and Lukman. S.(2009), The Distribution Methods and Supply problems of tap water in Urban Zaria Area, Kaduna state, **Electronic Journal of Environmental**,Agriculture and Food Chemistry, 8 (4), 294 – 300.
- Ministry of water and Irrigation (MWI) and German Agency for Technical Cooperation (GTZ).(2005), **The National Water Master Plan water Resources in Jordan**. Amman, Jordan ,1-9.
- Nath,S.S.Bolte,J.P.Ross,L.J and Aguilar-Manjarrez,J.(2000), Application of Geographical Information system (GIS) for Special

Decision support in Aquaculture, **Aquacultural Engineering**, 23, 233-278.

- Nazzal,M.S(2008),**Surface Water Hydrology Characterization and Modeling of Amman Zarqa Basin**,Unpublished Master Dissertation,Jordan University , Jordan.
- Ngigi,S.N.(2003),What is the Limit of Up-Scaling Rain water Harvesting in River Basin? Department of Agricultural Engineering of Nirobi, Kenya. **Physics and chemistry of the Earth**, 28.
- North Coast Sustainable Aquaculture strategy (NSWS) . (2000), Site Selection **(www.GISdevelopment.net/Application** , last Accessed 2/2/2013.
- Oweis,T.and Taimeh, A.(1994),**Overall. Evaluation of On-Farm Water Harvesting systems in the Arid Regions**, In: Lacirignola, C. and A. Hamdy (eds), Proceedings, CIHEAM Conference" Land and Water Resources Management in the Mediterraneean Region",(3) ,Valencano (Bari),04-08. September1994, 763-781.
- Oweis,T.Prinz,P.and Hachum, A. (2001),Water Harvesting. Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments, **International Center for Agriculture Research in the Dry Areas (ICARDA).** Aleppo, Syria.
- Owies,T.Hachum,A.and Kinjne,J.(1999),**Water Harvesting and Supplementary Irrigation for Improved water Use Efficincy in Dry Areas**, SWIM paper 7, International water Management Institute, Colomb, Srilanka.
- Owies,T. (2004),**Rainwater Harvesting for Alleviating Water Scarcity in the Drier Environment of west Asia and North Africa**, A Presentation at the International workshop on water Harvesting and Sustainable Agriculture, Moscow, Russia.

- Pacey,A.and Cullis,A.(1986), **Rainwater Harvesting, The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas**, Intermediate Technology publication, London.
- Patil,S. Saraf.R.V(2006),**Rainwater Harvesting Critical Evaluation, National Seminar on Rainwater Harvesting and water Management**, Nagpur, India, 11-12 Nov2006 .
- Patricia,A.(2006),Harvesting Rain Water,For Landscape Use, **University of Arizona**, 3.
- Pilgrim, D. H. and Cordery,I.(1975),Rainfall Temporal Patterns for Design Flodds,**Journal of Hydrology**,101,81-91.
- Pilgrim, D. H. and Cordery,I.(1993),**Flood Runoff**. In: D.R. Maidment (Rditor), Hand Book of Hydrology, McGraw – Hill Companies.
- Post,D.A.(2009), Regionalizing Rainfall- Runoff Model Parameters to Predict the Daily Stream Flow of Ungauged Catchments in the Dry Tropics, CSTRO Land and Water, Black Mountain Laboratiers Canberra ACT 2601, **Australia Hydrology Research** ,40(5), 433-436.
- Pradhan,R.Ghose,M.K. Agrawal, S.V.(2010), Estimation of Rainfall-Runoff Using Remote Sensing and GIS in and Around Singtam, East Sikkim, **International Journal of Geomatric and Geosciences** ,1(2),466-477.
- Prins, D.(1996), **Water Harvesting: Past and Future In: perveiva, L.S.(ed), Sustainability of Irrigation proceeding**, NATO Advanced Research Workshop, Vimerio, Balkema, Roterdam 21-26/ 12/1994, 135-144.
- Prinz, D and Malik, A.H.(2003), **Runoff Farming**, Article prepared for WCA in to NET, Karlsuhe, Germany.

- Prinz,D.(2001), **Water Harvesting for Afforestation in Dry Ireas. Proceedings**, 10th International Conference on Rainwater Harvesting Catchment Systems, Mannheim, 10-14 Sep2001, 195-198.
- Ramkumar,Mu.(2010),GIS Analysis for Identification of Suitable locals of Rainwater Harvesting : A Case of periyar University Campus, Salem District, South India **, Journal of Earth Science**.
- Rao.K.H.V .and Durga. B.M.K.(2003), Special Export Support System in Selecting Suitable Sites for water Harvesting Structures: A Case study of Song watershed,Uttaranchal,India,**Geocarto International**,18, 43-50.
- Relma in ICRAF and UNEP.(2005),**Potential for Rainwater Harvesting in Africa**: A GIS Overview, 1.
- Saaty,T.L.(1990), How to Make a Decision : The Analytic Hierarchy process planning,**Uuropean Journal of Operational Research** ,48,9-26.
- Saaty, T.L.(2008), Decision Making with the Analytic Hierarchy process, Int. **J. service science**, 1(1),16.
- Salam, M.A.Ross,L.G and. Beveridge,C.M.M. (2003),A Comparison of Development Opportunities for Crab and Shrimp Aquaculture in Southern Bangladesh, Using GIS Modeling. **Aquaculture Journal**, 220: 477-494.
- Shadeed, S. and Almasri, M.(2010) Application of GIS-Based SCS-CN Method in West Bank Catchments, Palestine, **Water Science and Engineering**, 3(1),1-13.
- Sharda, V.N. Kurothe, R.S.Sena, D.R., Pande, V.C. and Tiwari, S.P. (2006),Estimation of Groundwater Recharge From water Storage Structure in A semi-Arid Climate of India, **Journal Hydrology**, 329 (1-2), 224-243.

- Sharifi, M.A and Retsios, V.(2004), Site Selection for waste Disposal Through Special Multiple Criteria Decision Analysis, **Journal of telecommunication and Information Technology**, 11.
- Shatanawi, R.(1994), **Water Harvesting in Jordan and the Region: Desert Sitution and Future Needs**, In: FAO,Rome, Water Harvesting for Improved Agricultural Production. Expert Consultation, Cairo, Egypt 21-25 Nov,1993,257-270 .
- Shevlin, T.(2003), **Using GIS to Evaluate and Gas Well Distribution and Interpolation of Topography**, (www.dept.Kent. Edu/dis/AGIs/Class webs/Tshevlin-htm last Accessed 5/2/2013.
- Singh,J.P, Litoria.P.K.(2009),Selection of Suitable Sites for Water Harvesting Structures in Soankhad Watershed, Punjab Using Remote Sensing and Geographical Information System (RS & GIS) Approach, A case study, **J. Indian Soc. Remote sens**, 37, 21-35.
- Smiatek, G. Kunstmann, H.and Heckl, A.(2011), High-Resolution Climate change Simulations for the Implications for Water Management, **Science of the Total Environment**, 433, 462-471.
- Smith, D. J. and Stop,P. (1978), **The River Basin: An Introduction to the Study of Hydrology**, Cambridge, Cambridge Univ press.
- Steinel, A.(2012) ,**Guideline for Assessment and Implementation of Managed Aquifer Rechary (MAR) in Semi-Arid Regions Pre-Fessibility Study for Infiltration of Flood Water in the Amman – Zarqa and Azraq Basins**, Bundesan Stall Fũr Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Jordan, Final Report, Dec. 2012.
- Suleiman, A.(2006), **One Dimensional Soil Water Dynamics Model (SWDM-1D)** ,The Code of the SWDM-1 is Written By: Coleman,E. Qasem,M .Mohammad,B,(Ayman.suleiman@ju.edu.jo) .

- Thornthwaite,C.W and Mather,J.R.(1955),**The Water Balance, Publication in Climatology** ,Cenetron, New Jersry, USA , Laboratory of Climatology.
- Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R(1957), **Instructions and Tables for Computing potential Evapotranspiration and Water Balance**, Cenetron, Newjersy, USA, Laboratory of Climatology .
- Tripathi. K and Pandey. U.K.(2005), study of RainWater Harvesting potential of zura village of Kuth District of Gujarat, **Journal of Human Ecology**, 18 (1), 63-67.
- United Nations Environment Programme (UNEP).(1983),**Rain and StormWater Harvesting in Rural Areas**, Dublin, Ireland.
- United Nations Environment programme (UNEP) and Stockholm Enviroment Institute (SEI).(2009), **RainWater Harvesting: A lifeline for Human Well- Being,Devision of Environmental Policy Implementation** ,(depiinfo@unep.org).
- Usaid, Institute WDM in Jordan, 2010, **Development: Role of Remote sensing and Geography Information system**.
- USDA, Soil Conenation Services.(1985), **National Engineering** , Hand Book, USA.
- Victoria,D.C.Santiago,A.V.Ballester,M.V.Pereira,A.R.Victoria,R.L.Richey,J.E.(2007),Water Balance for the Ji-Parană,Western Amazon,Using A simple Method through Geographical Information Systes and Remote Sensing,**Earth Interactions**,11(5),1-22Ward, R.C.(1967), **Principle of Hydrology**, Berkshire, England McGraw-Hill Pubishing company limited Maidenhead .
- Wilson,E.M.(1990),**EngineeringHydrology**,4th Edition, ElBS/Macmillan.

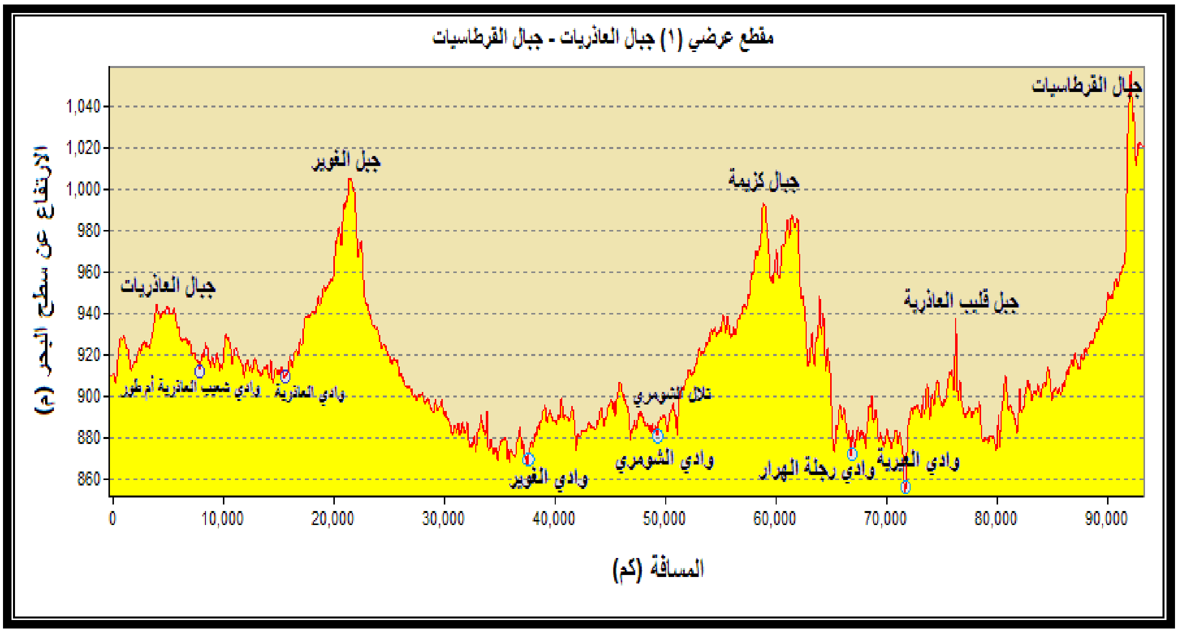
- Yang,Yi.and Giap,D.H.(2003),**Application of GIS and Remote Sensing for Assessing Watershed ponds for Aquaculture Development inThai Nguyen, Vietnam** ,(www.GISdevelopment.net, last Accessed 5/2/2013.
- Zucca, A. Sharifie, A. M. M. and Fabbri, A. A. G.(2008) Application of Special Multi-Criteria Analysis to Site Selection for Local park: Acase study in the Bergamo province, Italy,**Journal of Environmental Management** , 88 (4),752-769.

- المواقع الالكترونية :

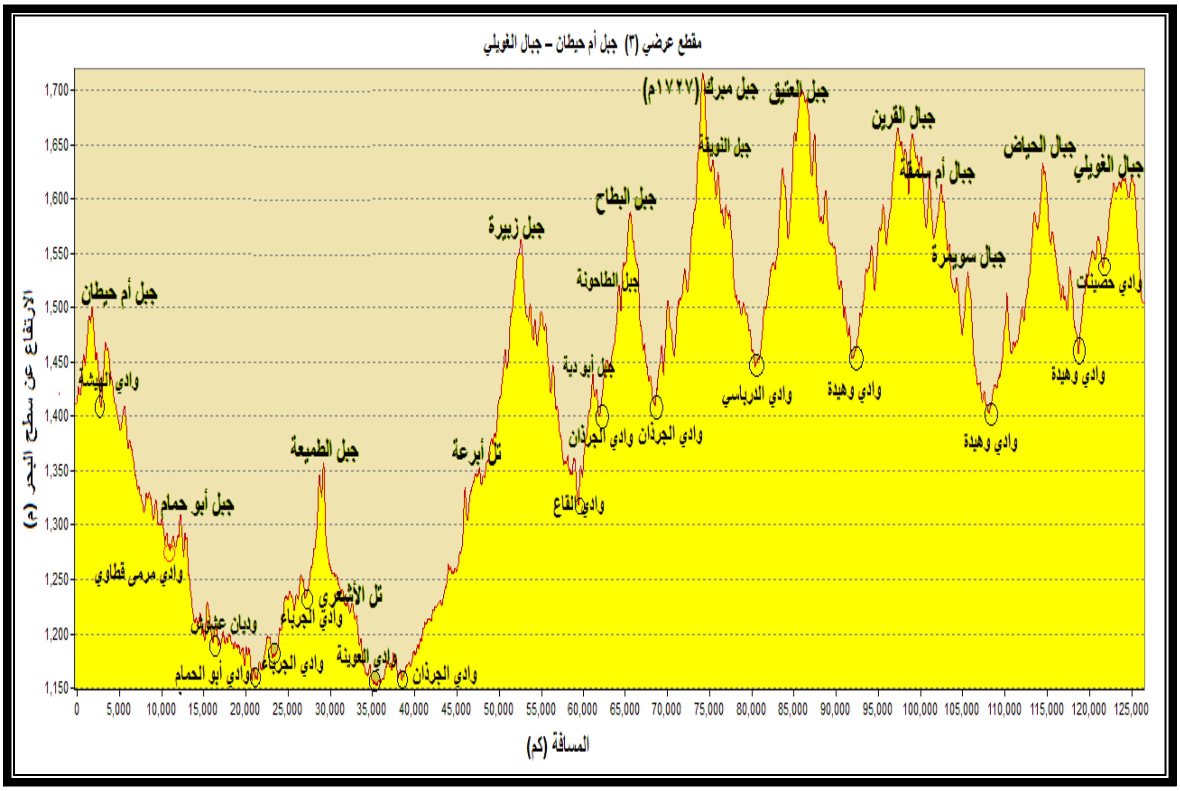
- **http://gdem.aster.erdas.org.jp//.**
- **www.aster.ardas.org.jp//.**
- **www.landsat.org.**

الملاحق

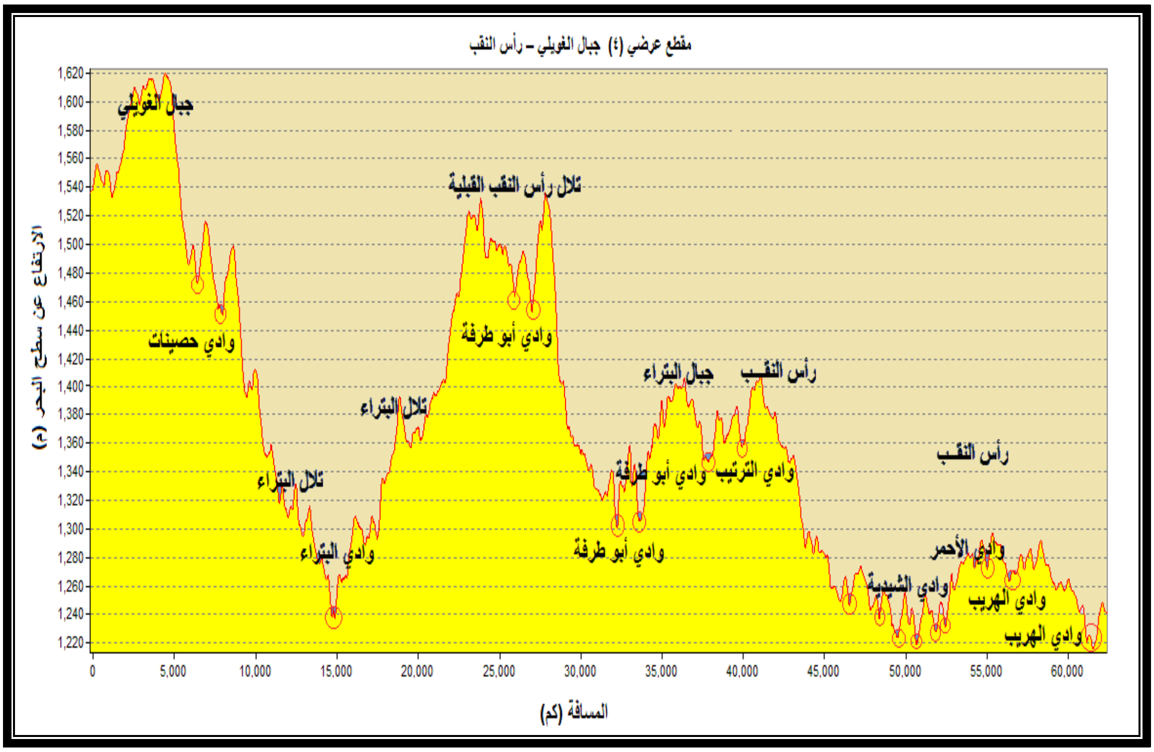
ملحق رقم (1) المقاطع التضاريسية العرضية لحوض الجفر

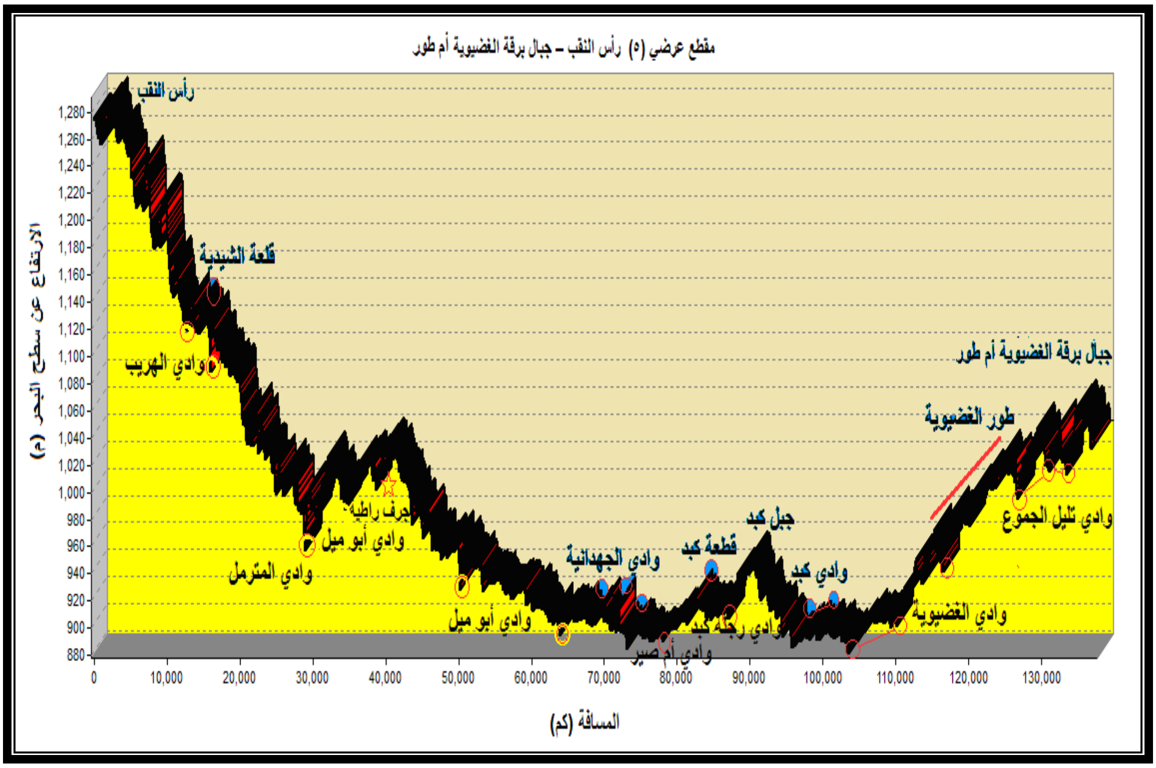


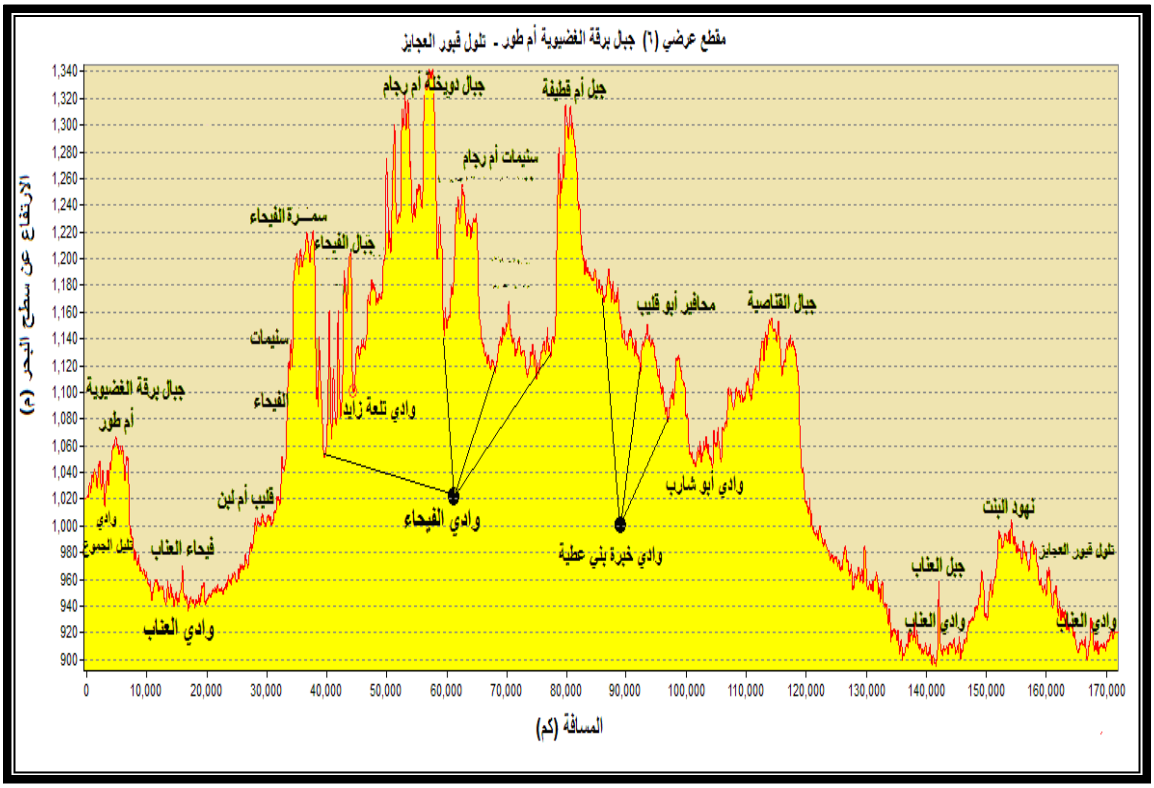
مقطع عرضي (١) جبال العاذريات - جبال القرطاسيات

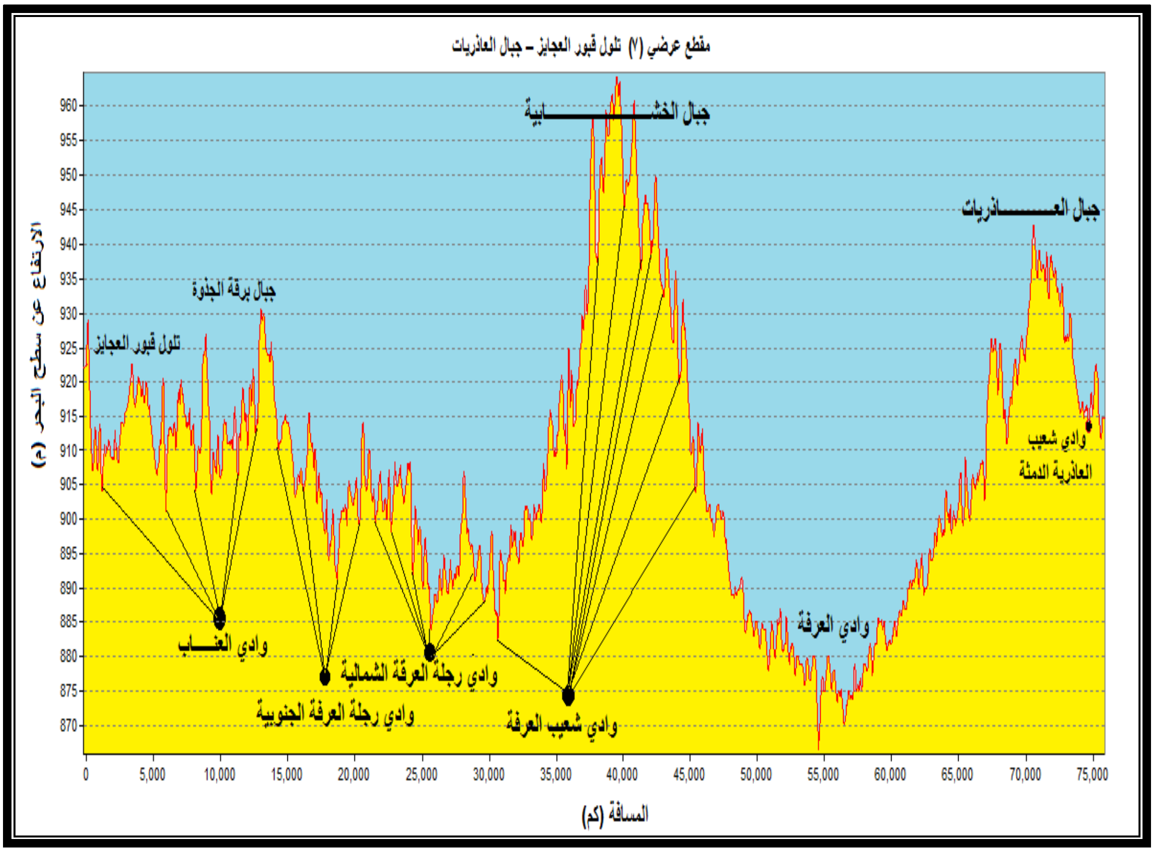


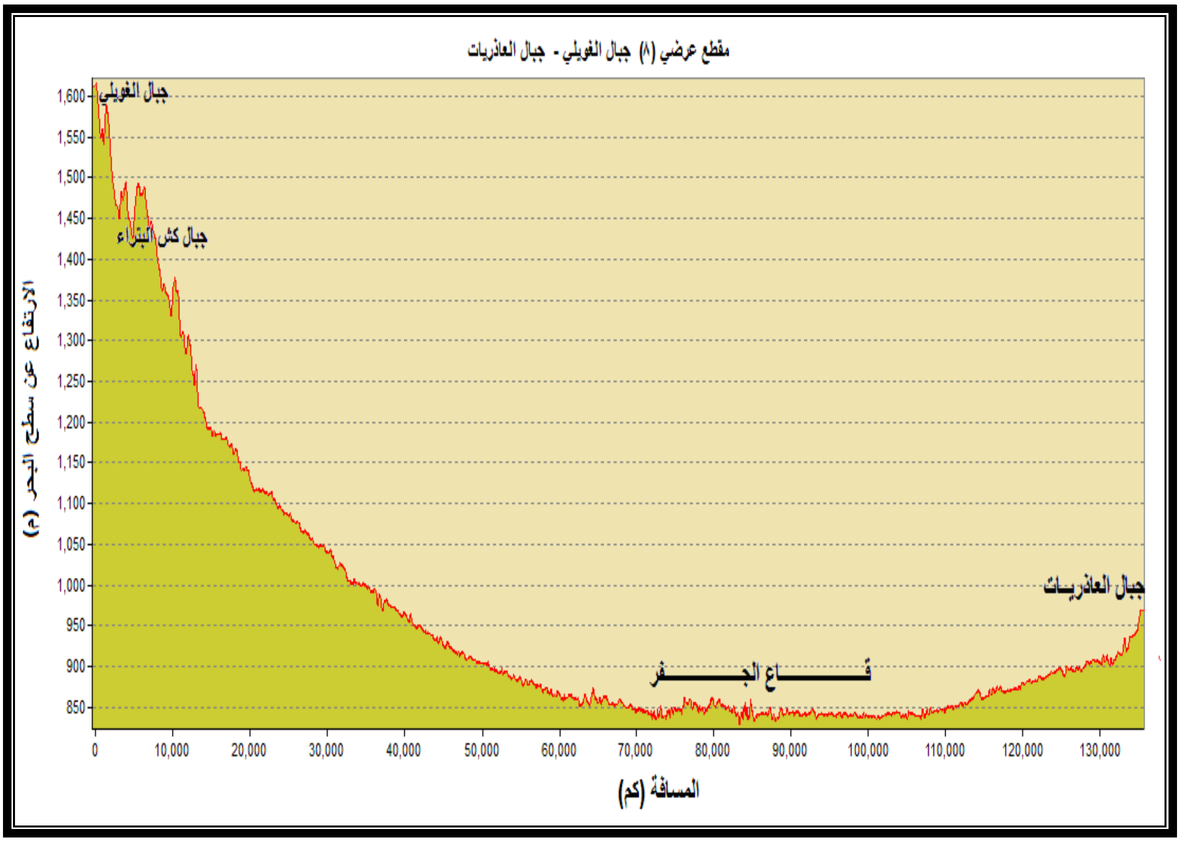
مقطع عرضي (٣) جبل أم حيطان – جبال الغويلي

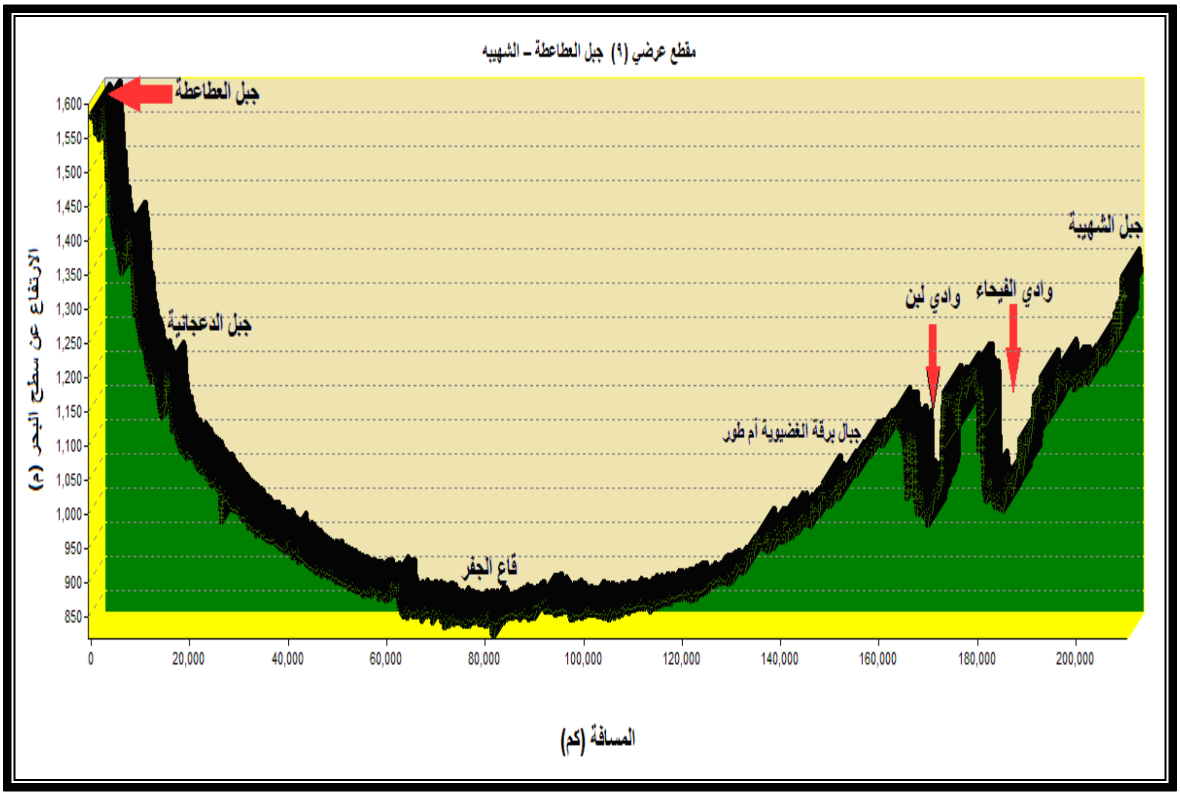

مقطع عرضي (٤) جبال الغويلي – رأس النقب
جبال الغويلي
تلال رأس النقب القبلية
وادي حصينات
وادي أبو طرفة
جبال البتراء
رأس النقـب
تلال البتراء
وادي أبو طرفة
وادي الترتيب
رأس النقـب
تلال البتراء
وادي البتراء
وادي أبو طرفة
وادي الأحمر
وادي الشيدية
وادي الهريب
وادي الهريب
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)

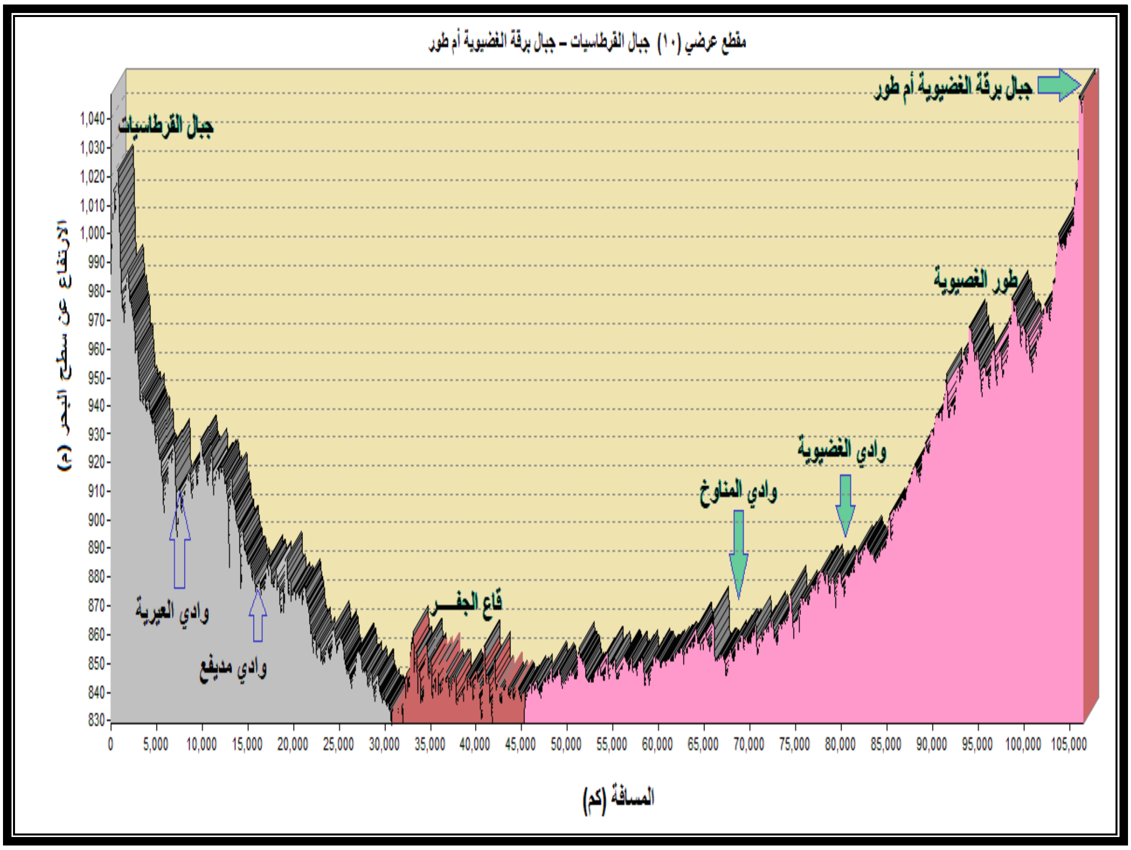

مقطع عرضي (٥) رأس النقب – جبال برقة الغضيوية أم طور
رأس النقب
قلعة الشيدية
وادي الهريب
جبال برقة الغضيوية أم طور
طور الغضيوية
جرف راطية
وادي أبو ميل
وادي المترمل
جبل كبد
قطعة كبد
وادي الجهدانية
وادي كبد
وادي تليل الجموع
وادي أبو ميل
وادي الغضيوية
وادي رجلة كبد
وادي أم صير
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)


مقطع عرضي (٦) جبل برقة الغضيوية أم طور - تلول قبور العجايز
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)
جبال برقة الغضيوية
أم طور
وادي
تليل الحموع
فيحاء العناب
وادي العناب
قليب أم لبن
الفيحاء
سنيمات
سمـــرة الفيحاء
جبال الفيحاء
وادي تلعة زايد
جبال دويخلة أم رجام
سنيمات أم رجام
وادي الفيحاء
جبل أم قطيفة
محافير أبو قليب
وادي خبرة بني عطية
وادي أبو شارب
جبال القاصية
نهود البنت
تلول قبور العجايز
جبل العناب
وادي العناب
وادي العناب

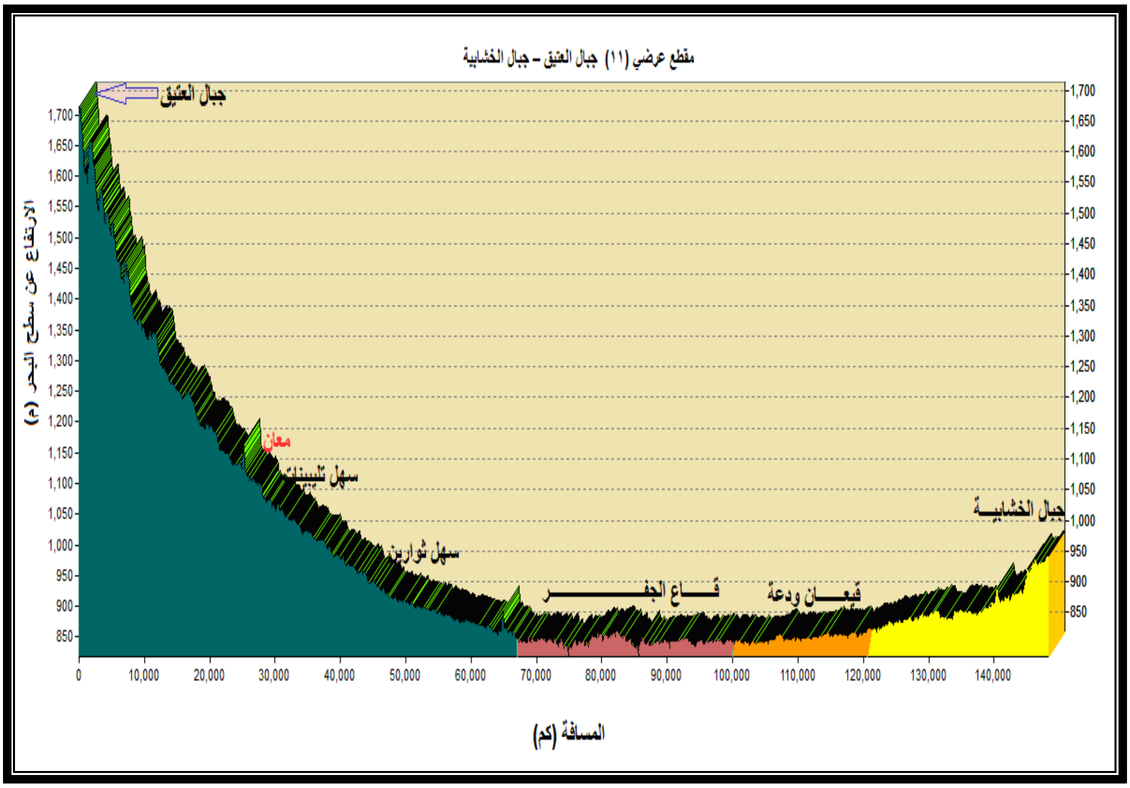

مقطع عرضي (٧) تلول قبور العجايز – جبال العاذريات
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)
تلول قبور العجايز
جبال برقة الجذوة
وادي العنـــاب
وادي رجلة العرفة الجنوبية
وادي رجلة العرفة الشمالية
وادي شعيب العرفة
جبال الخشـــــــابية
وادي العرفة
جبال العـــــــــاذريات
وادي شعيب
العاذرية الدمثة


مقطع عرضي (٨) جبال الغويلي - جبال العاذريات
جبال الغويلي
جبال كش البتراء
جبال العاذريـات
قـــــــاع الجـــــــفر
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)
1,600
1,550
1,500
1,450
1,400
1,350
1,300
1,250
1,200
1,150
1,100
1,050
1,000
950
900
850
0
10,000
20,000
30,000
40,000
50,000
60,000
70,000
80,000
90,000
100,000
110,000
120,000
130,000

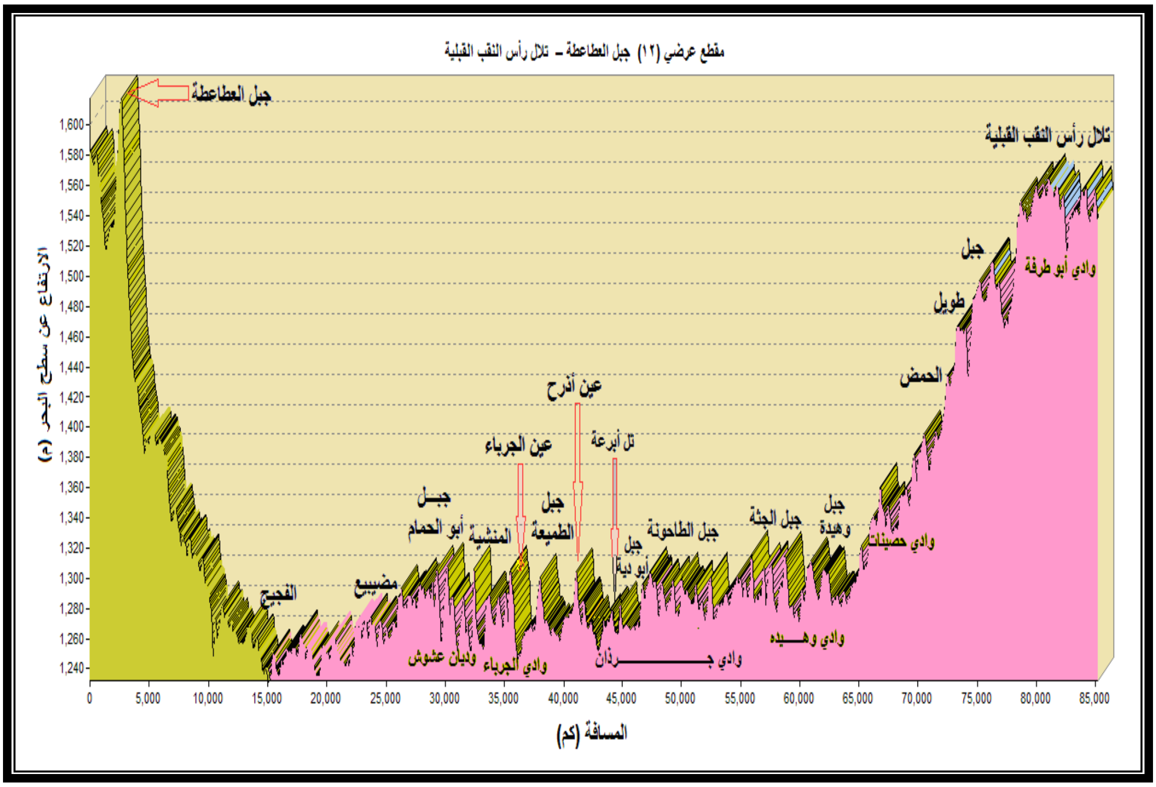

مقطع عرضي (٩) جبل العطاعطة – الشهيبه
جبل العطاعطة
جبل الدعجانية
قاع الجفر
جبال برقة الغضيوية أم طور
وادي لبن
وادي الفيحاء
جبل الشهيبة
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)
1,600
1,550
1,500
1,450
1,400
1,350
1,300
1,250
1,200
1,150
1,100
1,050
1,000
950
900
850
0
20,000
40,000
60,000
80,000
100,000
120,000
140,000
160,000
180,000
200,000

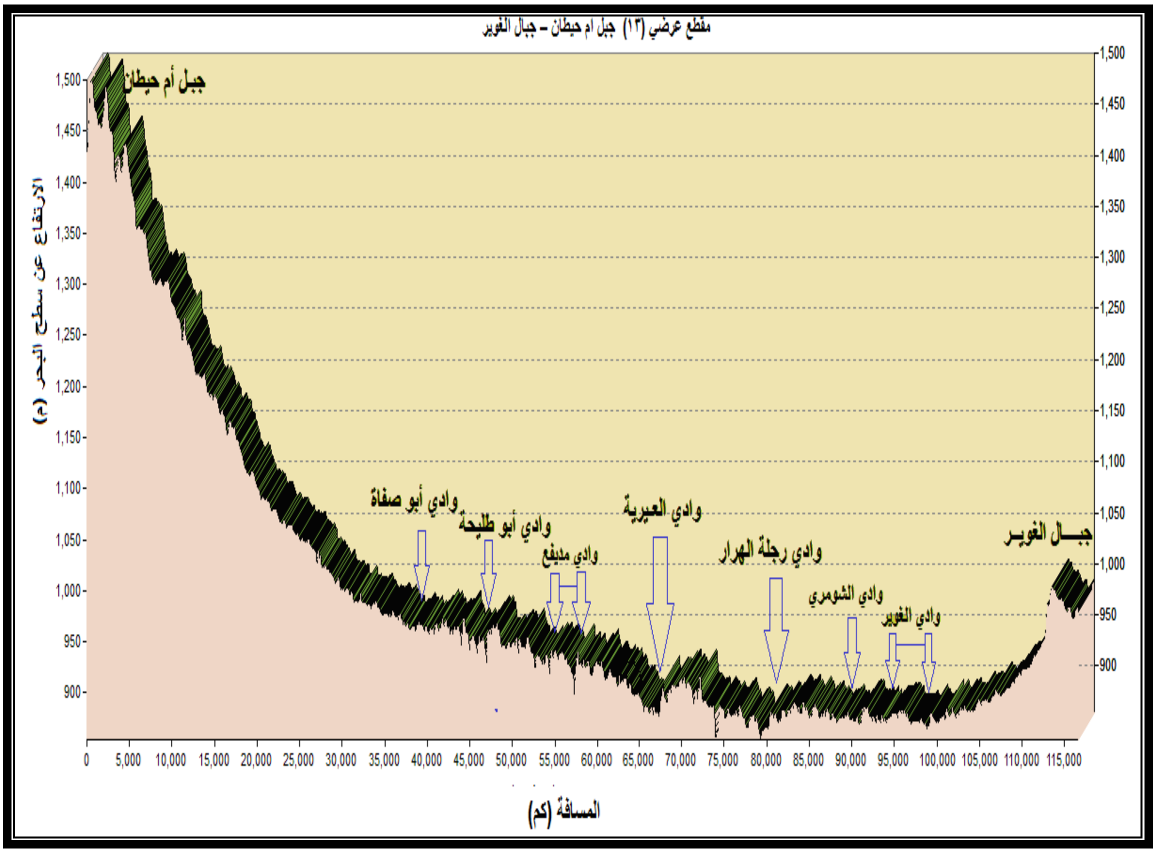


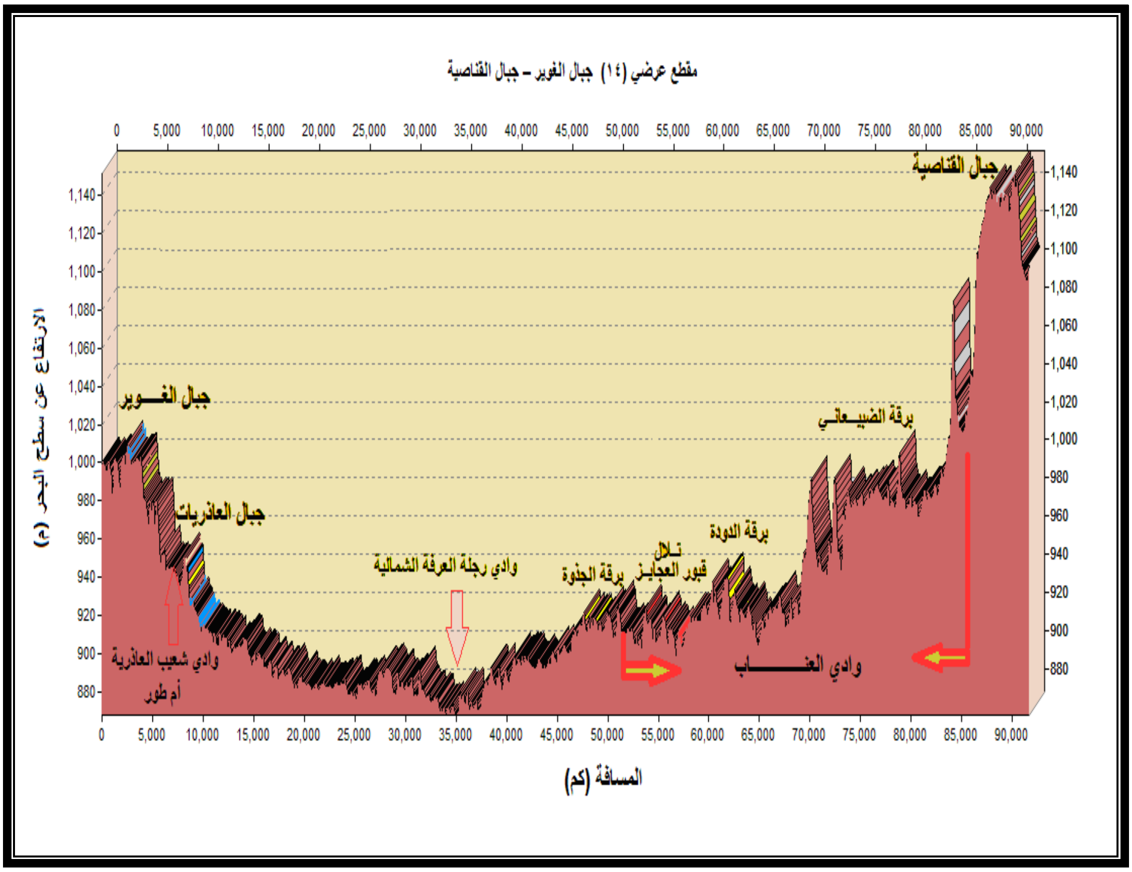
مقطع عرضي (١٠) جبال القرطاسيات – جبال برقة الغضيوية أم طور

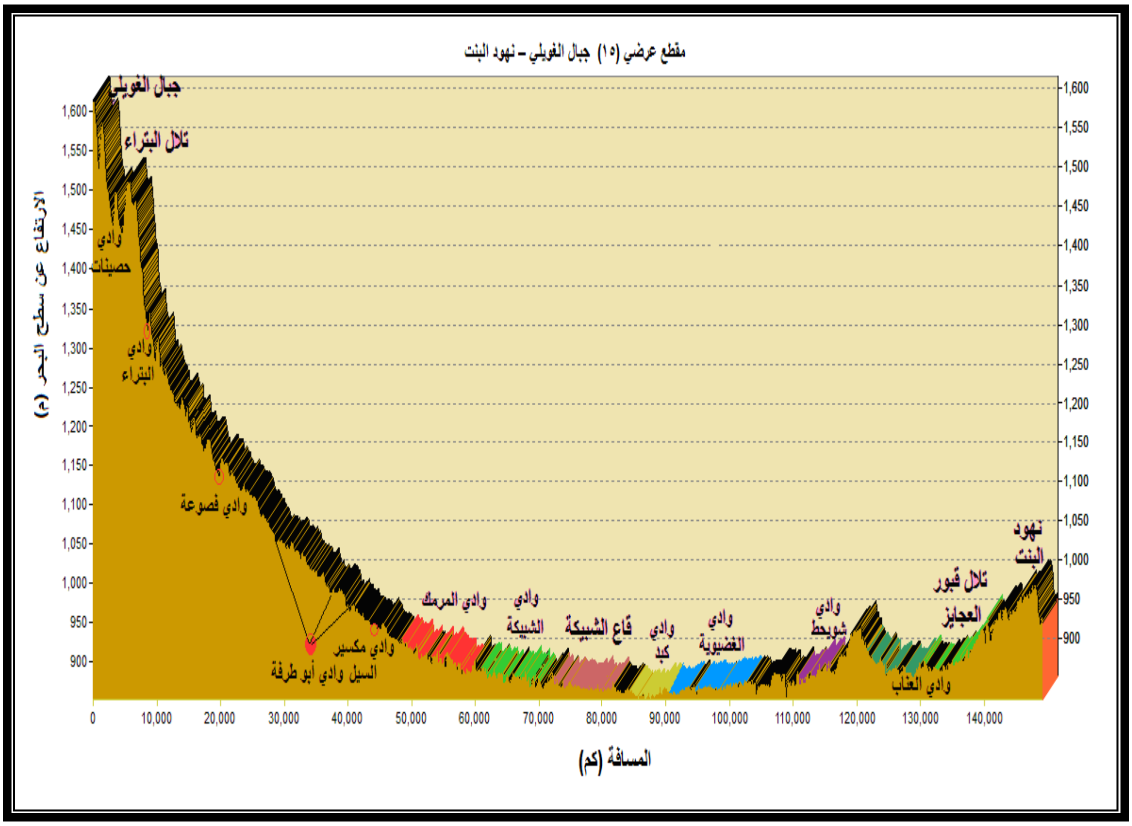


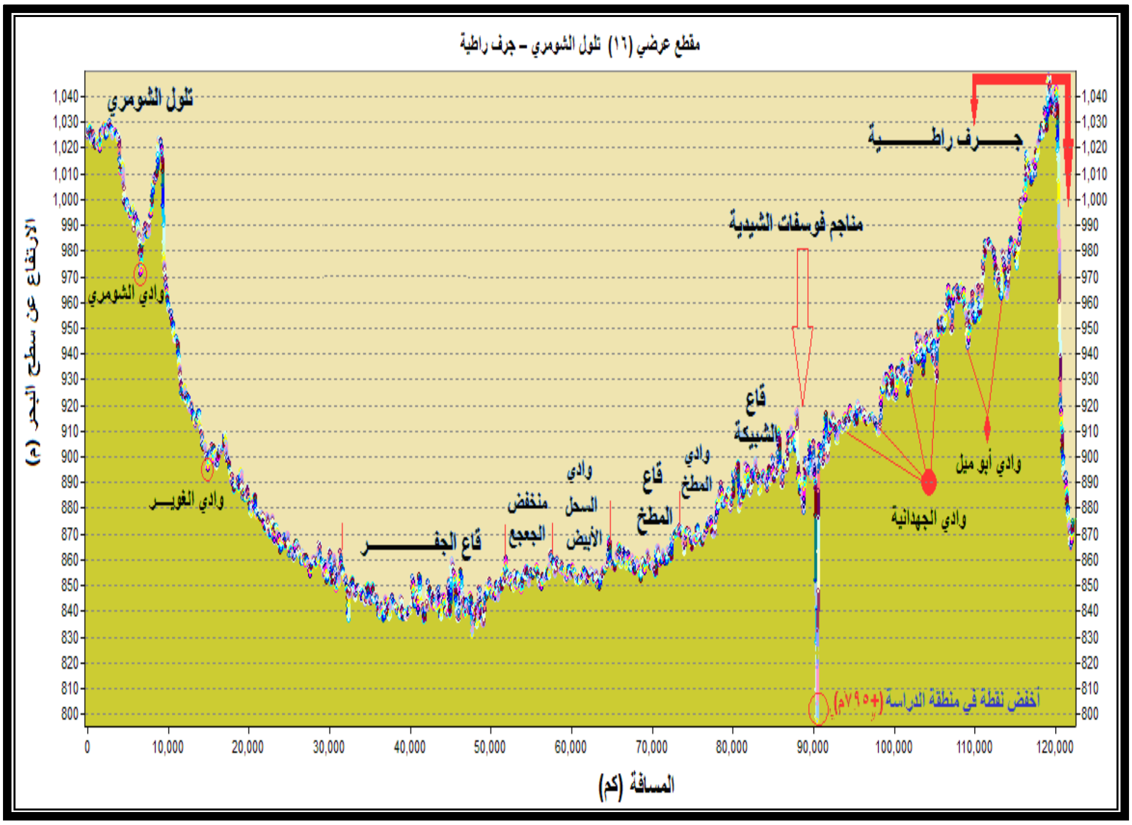
مقطع عرضي (١١) جبال العتيق – جبال الخشابية

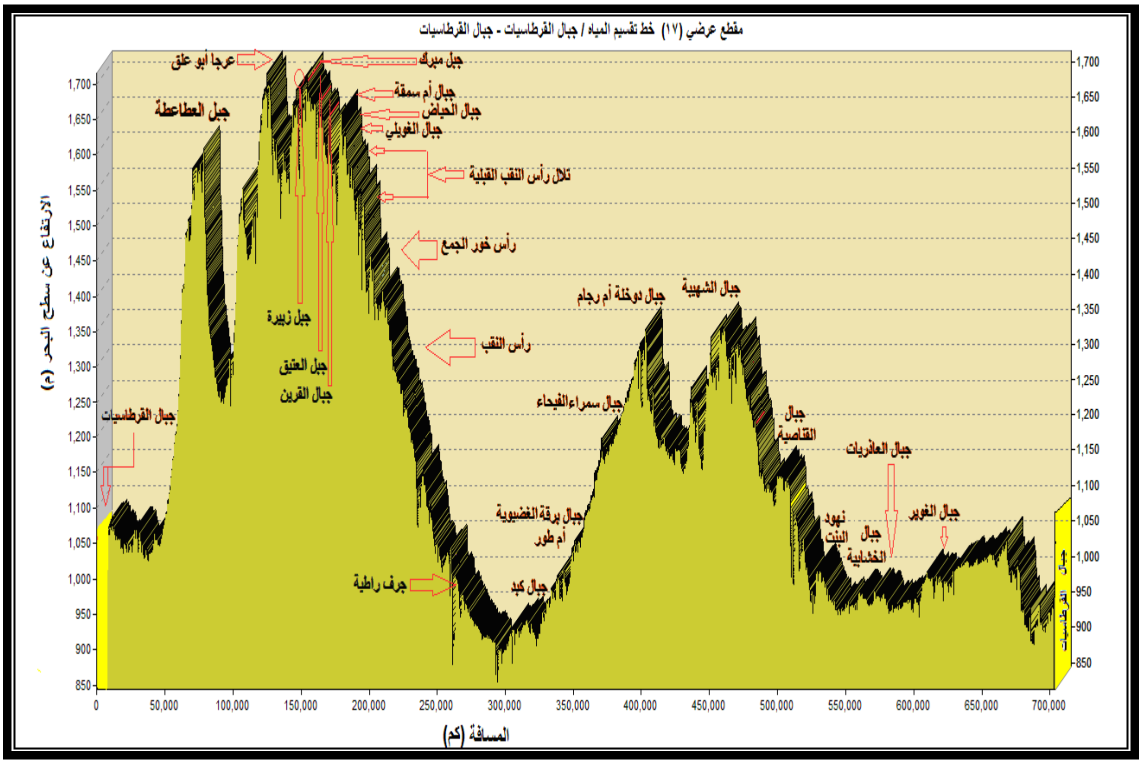

مقطع عرضي (١٢) جبل العطاعطة – تلال رأس النقب القبلية
جبل العطاعطة
تلال رأس النقب القبلية
جبل طويل
وادي أبو طرفة
الحمض
عين أذرح
تل أبرعة
عين الجرباء
جبل الطميعة
جبل أبو الحمام
المنشية
مضيبيع
الفجيج
جبل أبو دبة
جبل الطاحونة
جبل الجثة
جبل وهيدة
وادي حصينات
وادي وهيده
وادي جرذان
وادي الجرباء
وديان عشوش
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)

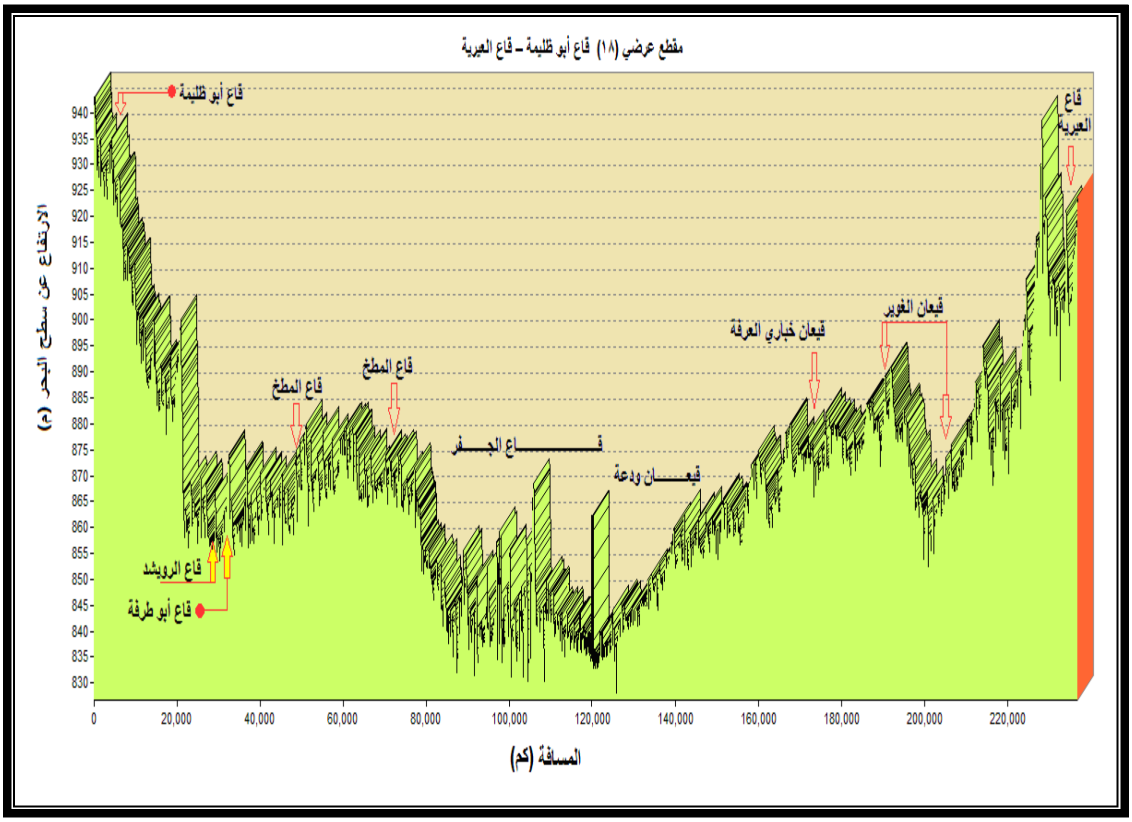

مقطع عرضي (١٣) جبل ام حيطان – جبال الغوير
جبل أم حيطان
وادي أبو صفاة
وادي أبو طليحة
وادي مديفع
وادي العيرية
وادي رجلة الهرار
وادي الشومري
وادي الغوير
جبال الغوير
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)


مقطع عرضي (١٤) جبال الغوير – جبال القناصية
جبال الغـــوير
جبال العاذريات
وادي شعيب العاذرية
أم طور
وادي رجلة العرفة الشمالية
برقة الجذوة
تــلال قبور العجايـز
برقة الدودة
وادي العنــــــاب
برقة الضبيــعانــي
جبال القناصية
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)

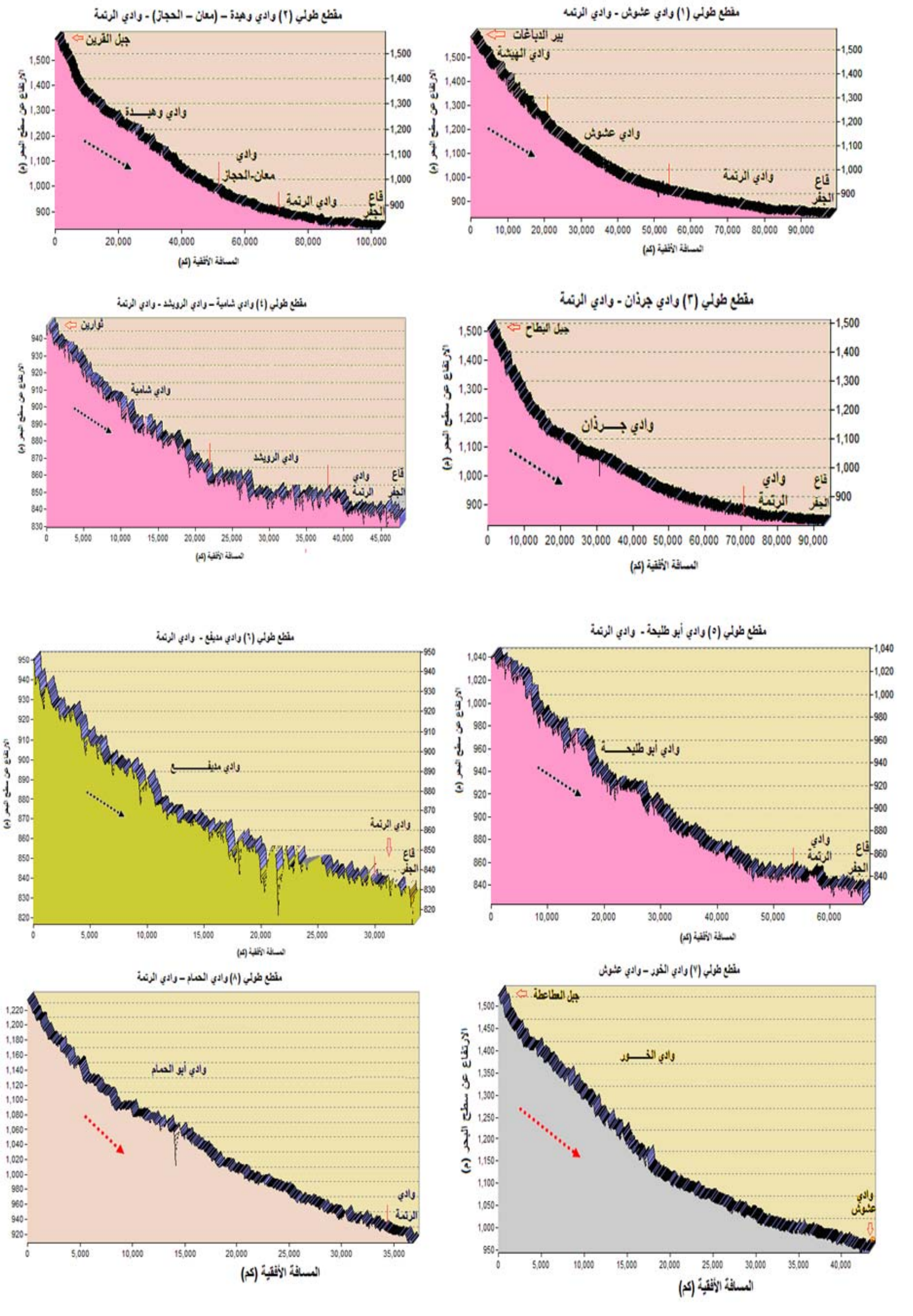

مقطع عرضي (١٥) جبال الغويلي – نهود البنت
جبال الغويلي
تلال البتراء
وادي حصينات
وادي البتراء
وادي فصوعة
وادي أبو طرفة
وادي السيل
وادي مكسير
وادي المرمك
وادي الشبيكة
قاع الشبيكة
وادي كبد
وادي الغضيوية
وادي شويحط
تلال قبور العجايز
وادي الغاب
نهود البنت
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)


مقطع عرضي (١٦) تلول الشومري – جرف راطية
تلول الشومري
جــــرف راطـــــــية
مناجم فوسفات الشيدية
قاع الشبيكة
وادي الشومري
وادي الغويــر
قاع الجفـــــــر
منخفض الجعجع
وادي السحل الأبيض
قاع المطخ
وادي المطخ
وادي الجهدانية
وادي أبو ميل
أخفض نقطة في منطقة الدراسة (+٧٩٥م)
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)

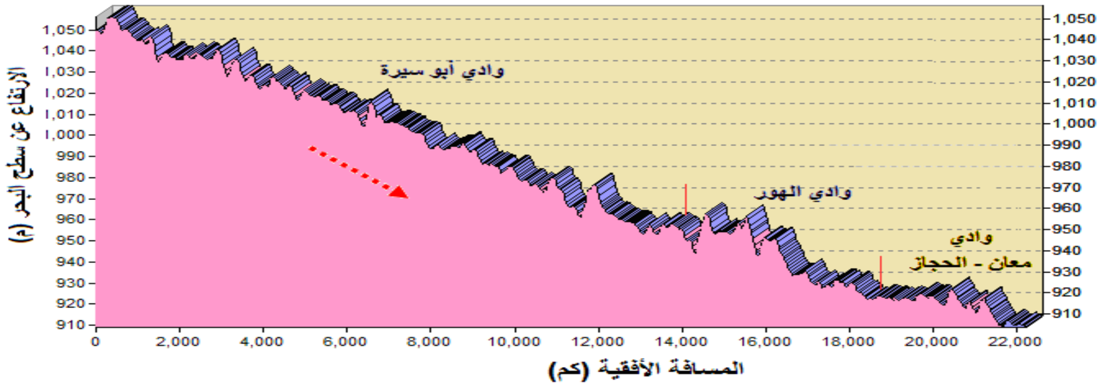

مقطع عرضي (١٧) خط تقسيم المياه / جبال القرطاسيات - جبال القرطاسيات
عرجا أبو علق
جبل مبرك
جبل العطاعطة
جبال أم سمقة
جبال الحياض
جبال الغويلي
تلال رأس النقب القبلية
رأس خور الجمع
جبل زبيرة
رأس النقب
جبل العنيق
جبال القرين
جبال القرطاسيات
جبال الشهيبة
جبال دوخلة أم رجام
جبال سمراء الفيحاء
جبال القناصية
جبال العاثريات
نهود البنت
جبال الخشابية
جبال الغوير
جبال برقة الغضيوية
أم طور
جرف راطية
جبال كبد
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)


مقطع عرضي (١٨) قاع أبو ظليمة – قاع العرية
قاع أبو ظليمة
قاع العرية
قيعان الغوير
قيعان خباري العرفة
قاع المطخ
قاع المطخ
قاع الجفر
قيعان ودعة
قاع الرويشد
قاع أبو طرفة
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة (كم)
940
935
930
925
920
915
910
905
900
895
890
885
880
875
870
865
860
855
850
845
840
835
830
0
20,000
40,000
60,000
80,000
100,000
120,000
140,000
160,000
180,000
200,000
220,000

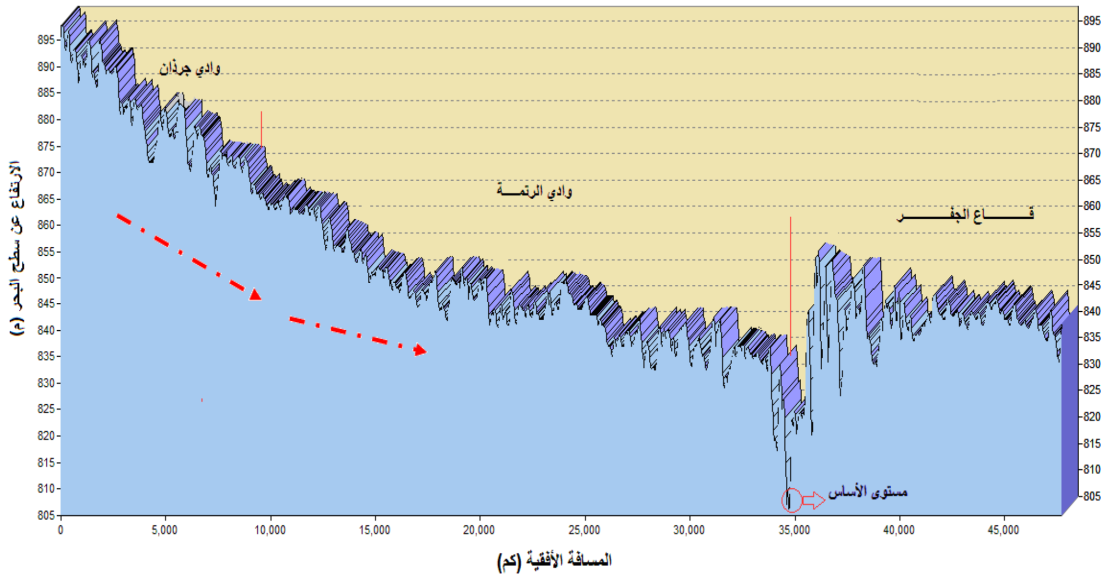
ملحق رقم (2) المقاطع التضاريسية الطولية للأودية الرئيسة في حوض الجفر



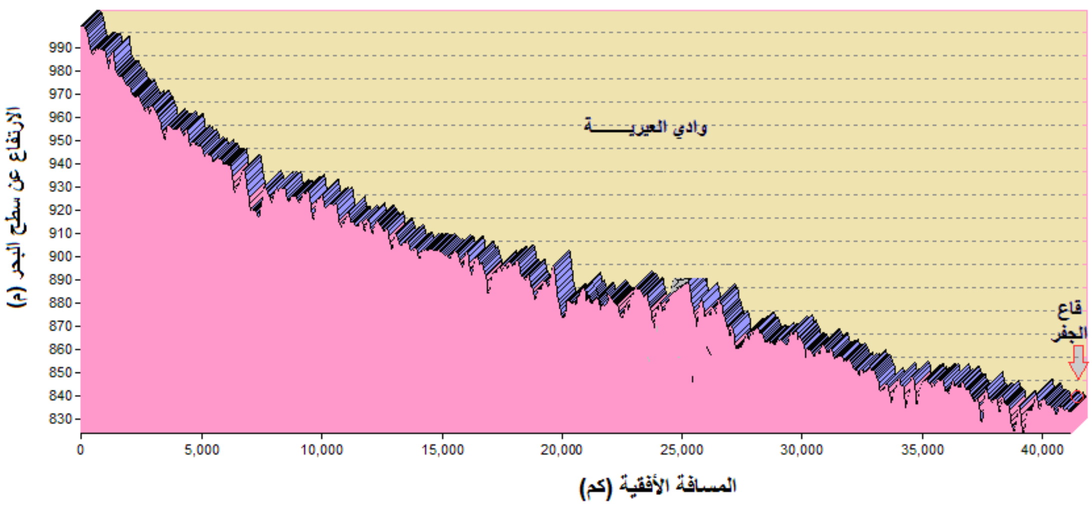
مقطع طولي (٩) وادي أبو سيرة – وادي الهور –(وادي معان - الحجاز)

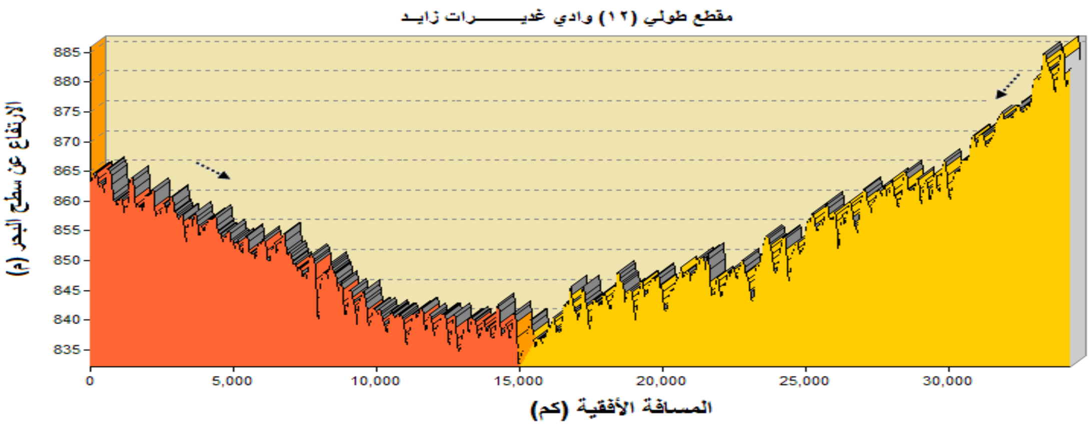


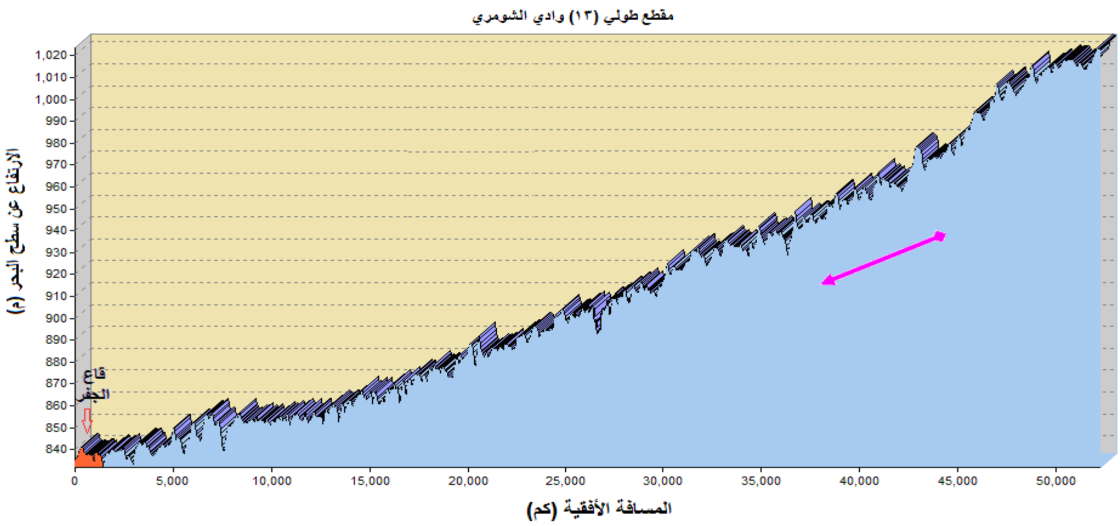
مقطع طولي (١٠) وادي جرذان – وادي الرتمة – قاع الجفر

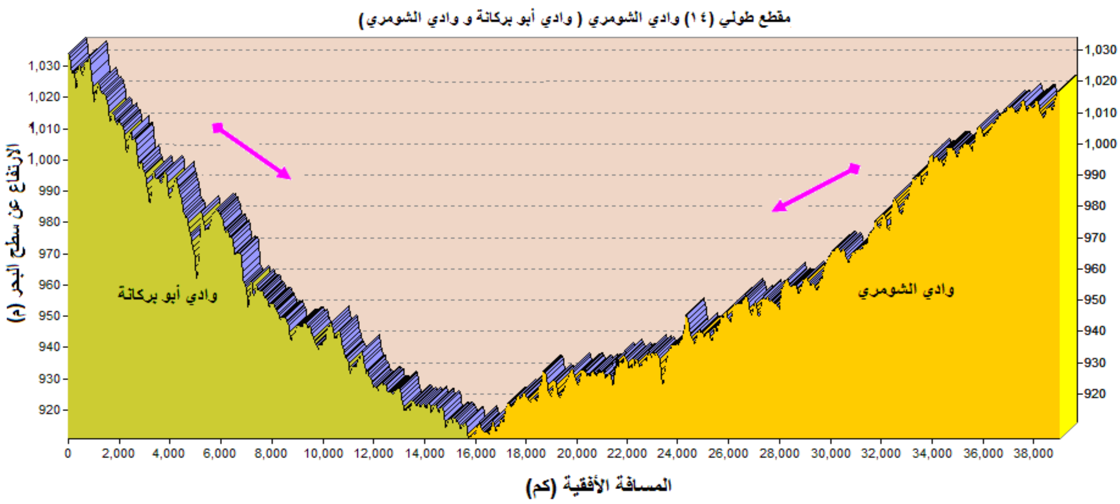


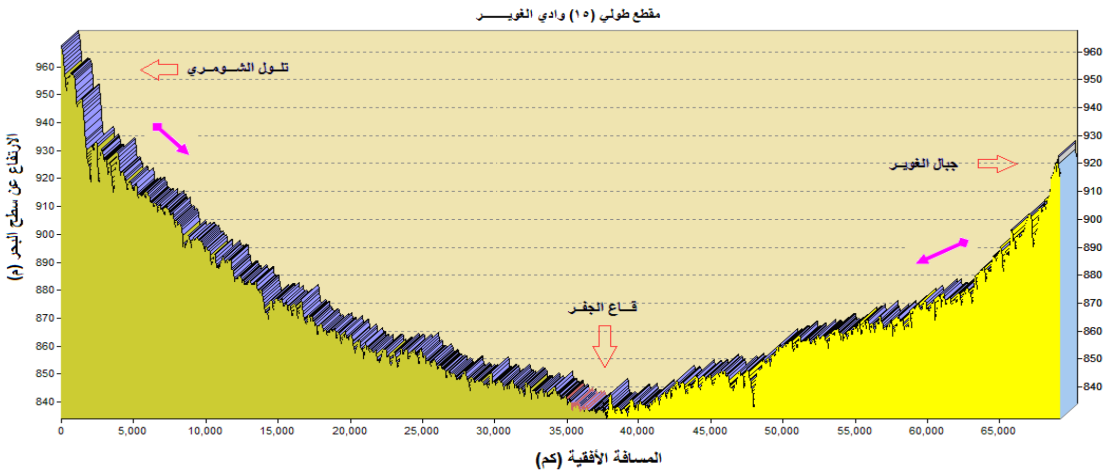
مقطع طولي (١١) وادي العيرية

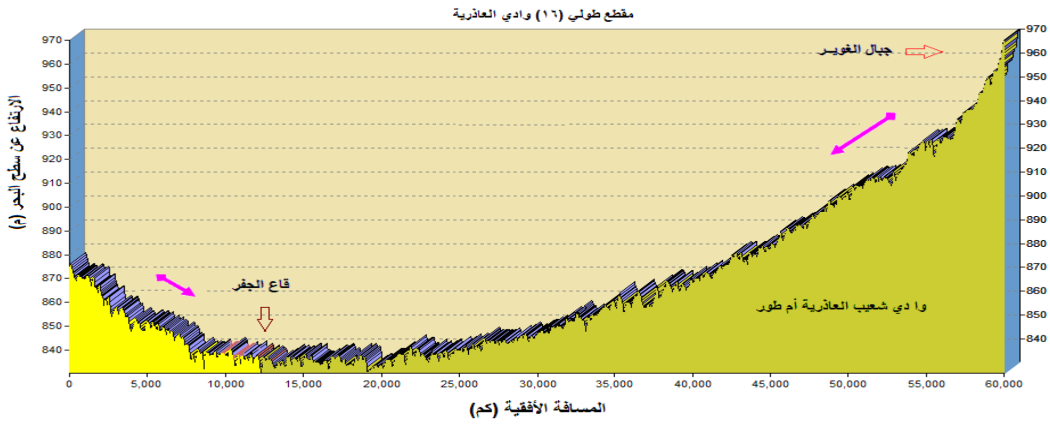


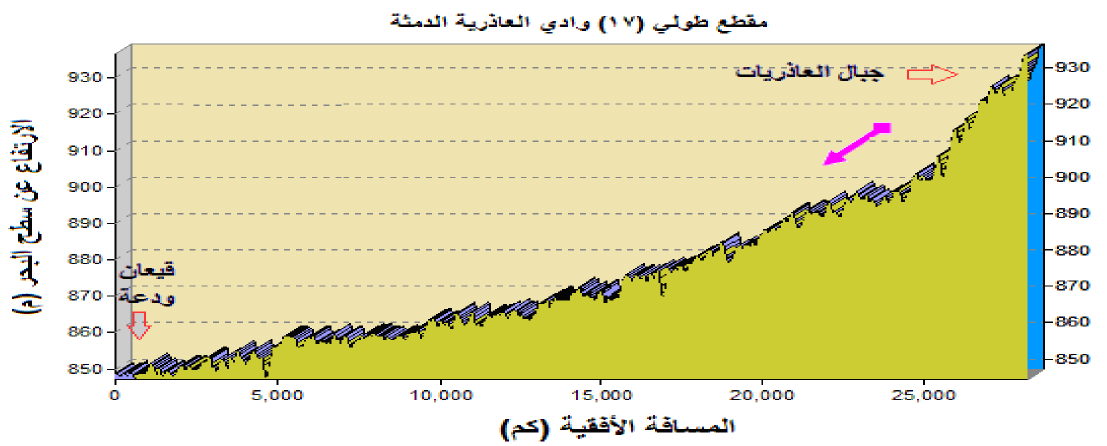

مقطع طولي (١٢) وادي غديـــــــــرات زايـد
(الارتفاع عن سطح البحر (م)
885
880
875
870
865
860
855
850
845
840
835
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
30,000
المســافة الأفقية (كم)


مقطع طولي (١٣) وادي الشومري
(الارتفاع عن سطح البحر (م)
قاع
الجفر
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
30,000
35,000
40,000
45,000
50,000
المسافة الأفقية (كم)

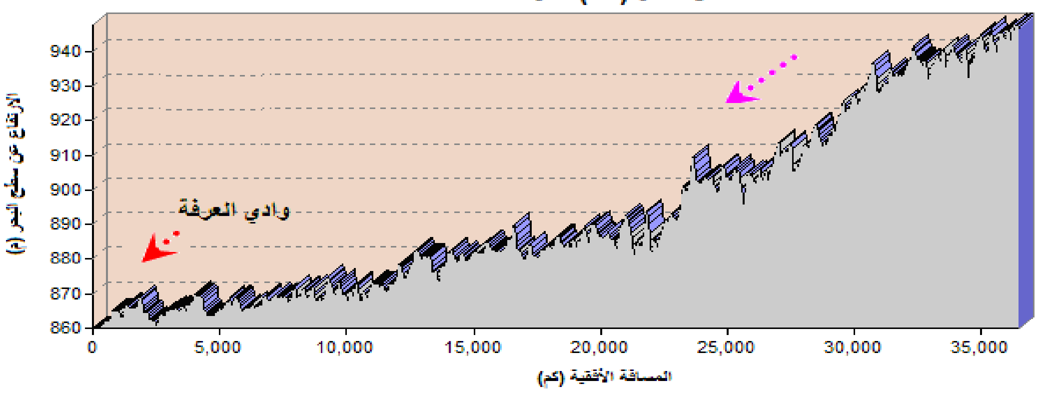

مقطع طولي (١٤) وادي الشومري (وادي أبو بركانة و وادي الشومري)
(الارتفاع عن سطح البحر (م)
وادي أبو بركانة
وادي الشومري
0
2,000
4,000
6,000
8,000
10,000
12,000
14,000
16,000
18,000
20,000
22,000
24,000
26,000
28,000
30,000
32,000
34,000
36,000
38,000
المسافة الأفقية (كم)


مقطع طولي (١٥) وادي الغويــــــر
تلـول الشـــومـري
جبال الغويـر
قــاع الجفر
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)

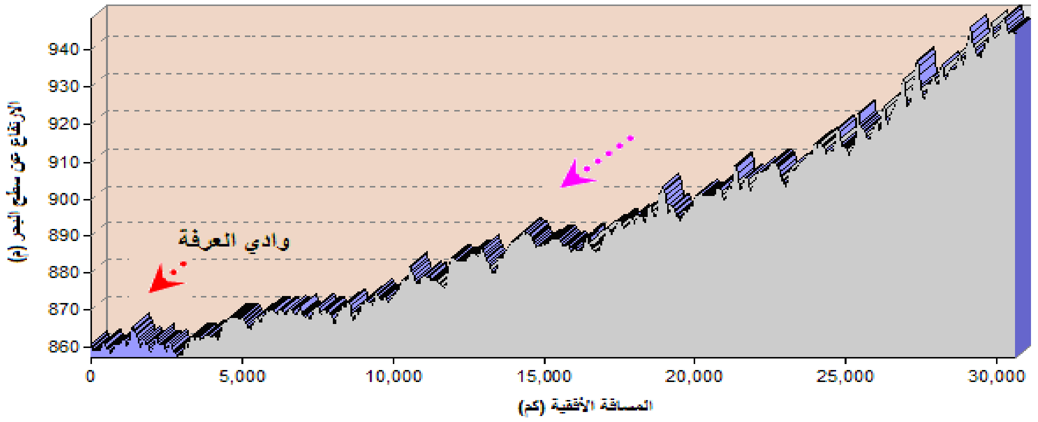

مقطع طولي (١٦) وادي العاذرية
جبال الغويـر
قاع الجفر
وا دي شعيب العاذرية أم طور
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)


مقطع طولي (١٧) وادي العاذرية الدمثة
جبال العاذريات
قيعان
ودعة
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسـافة الأفقية (كم)

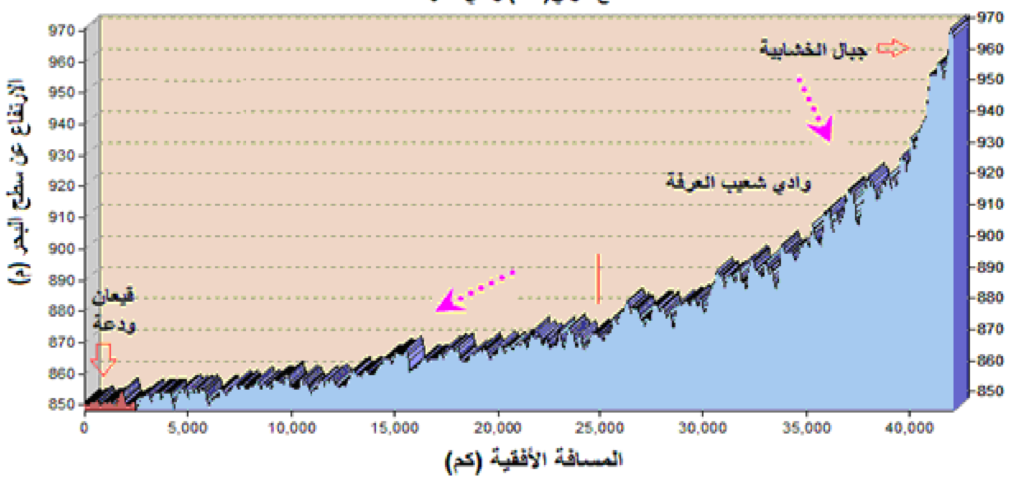
مقطع طولي (١٨) وادي رجلة العرفة الشمالية



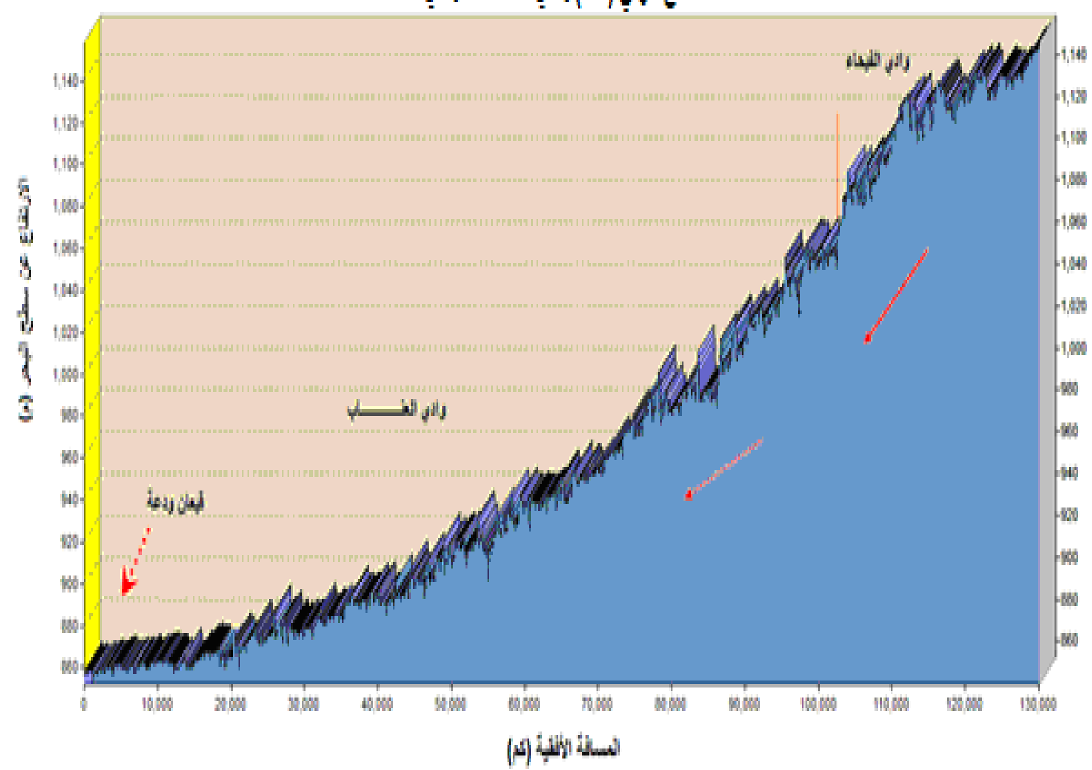
مقطع طولي (١٩) وادي رجلة العرفة الجنوبية



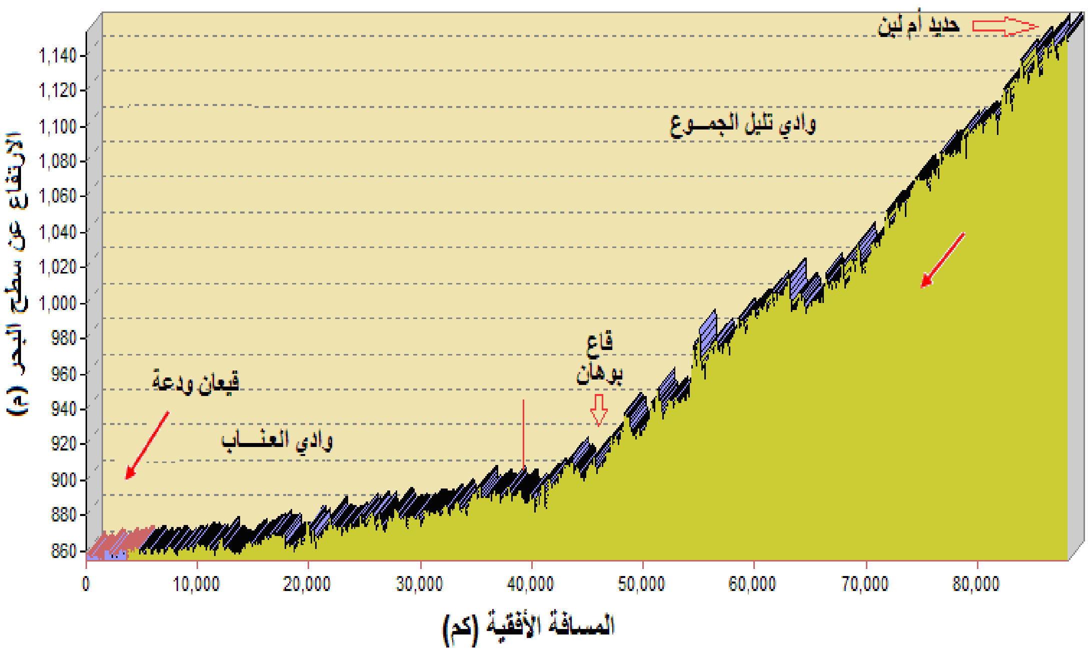
مقطع طولي(٢٠) وادي العرفة



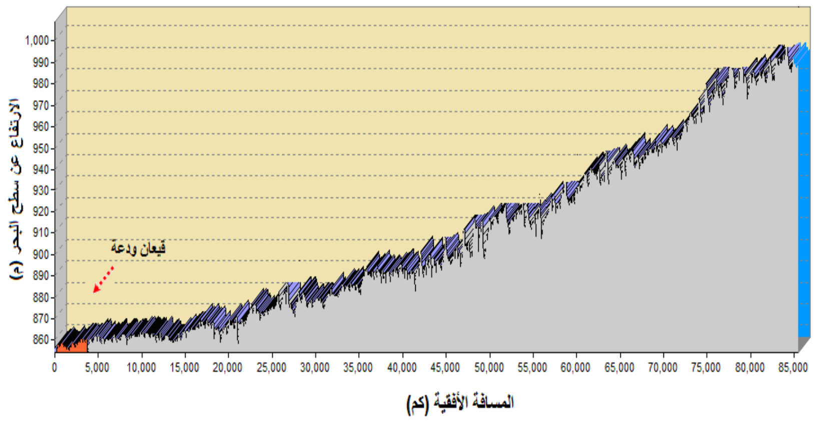
مقطع طولي (٢١) وادي الفيحاء - وادي الغناب



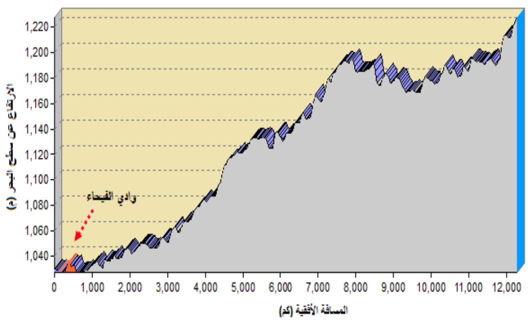
مقطع طولي (٢٢) وادي تليل الجموع – وادي الغناب



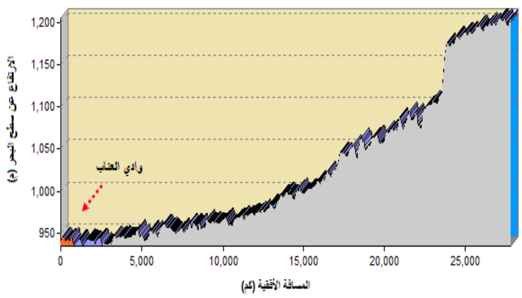
مقطع طولي(٢٣) وادي العقـــــــــاب



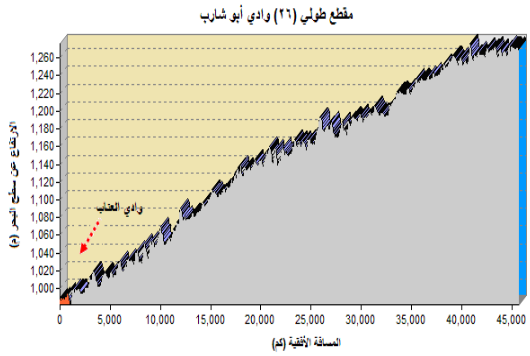
مقطع طولي (٢٤) وادي تلعة زايد



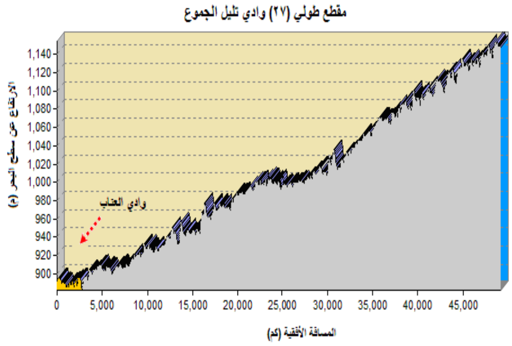
مقطع طولي (٢٥) وادي أم لبن



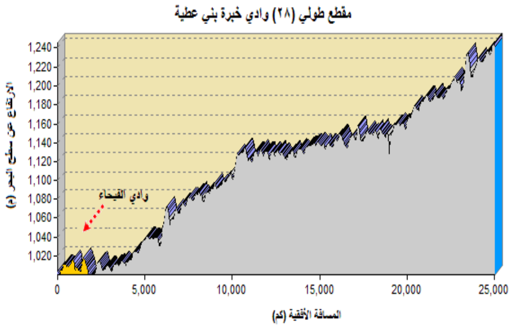
مقطع طولي (٢٦) وادي أبو شارب



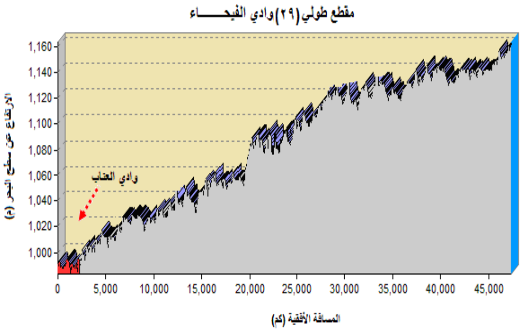
مقطع طولي (٢٧) وادي تليل الجموع

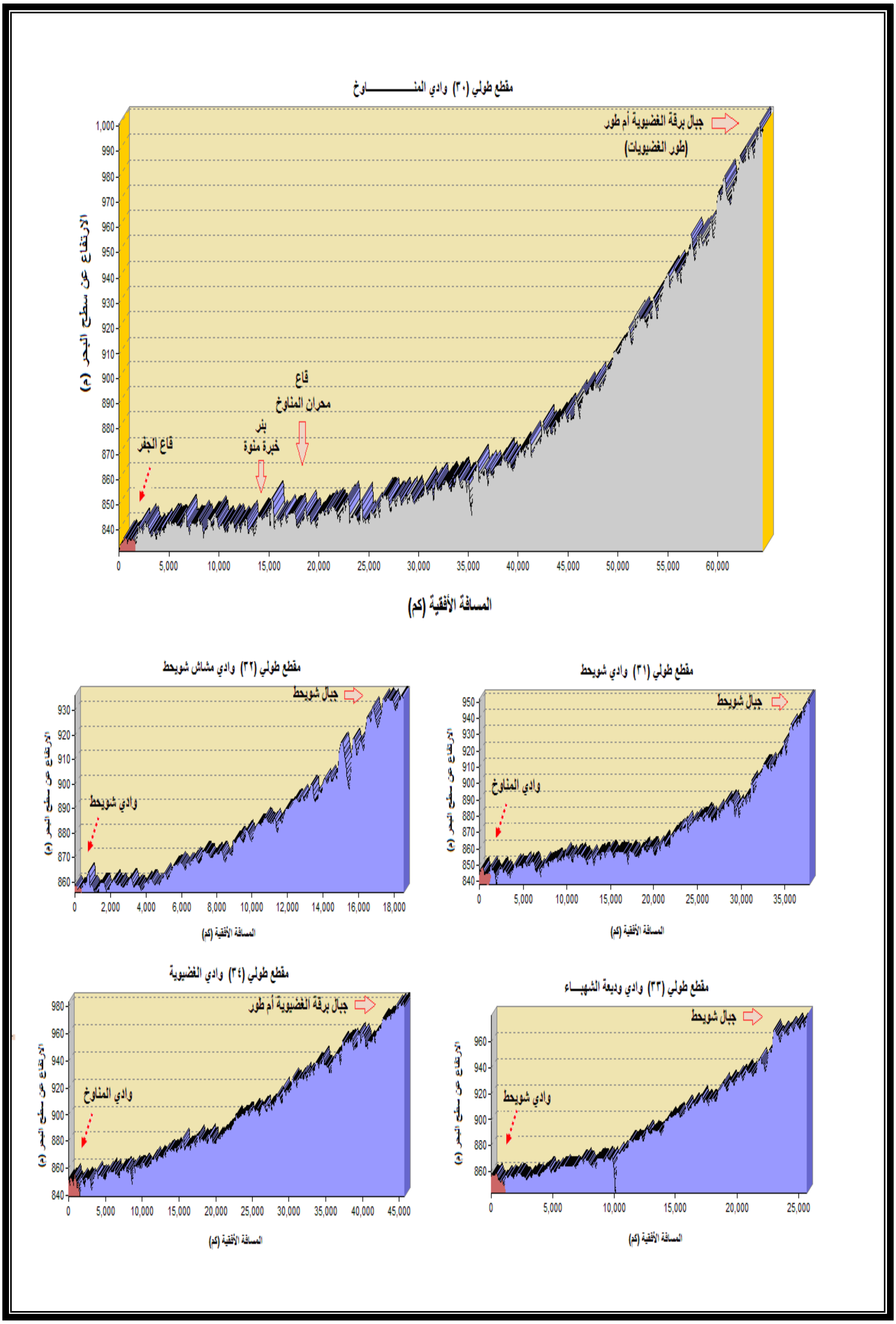


مقطع طولي (٢٨) وادي خبرة بني عطية

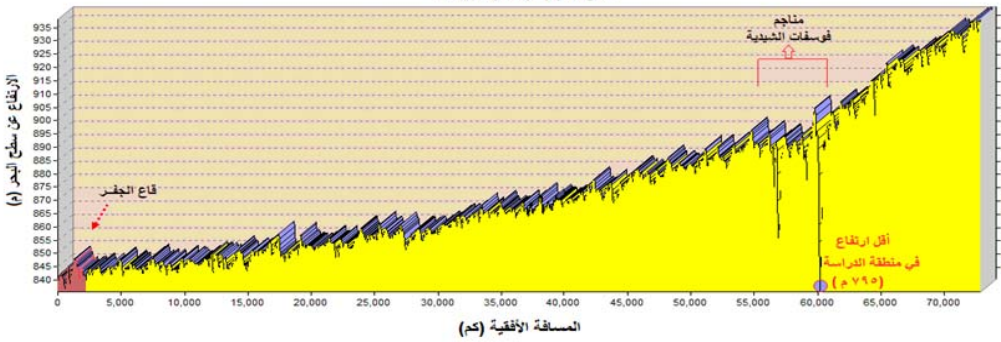


مقطع طولي(٢٩)وادي الفيحـــــاء

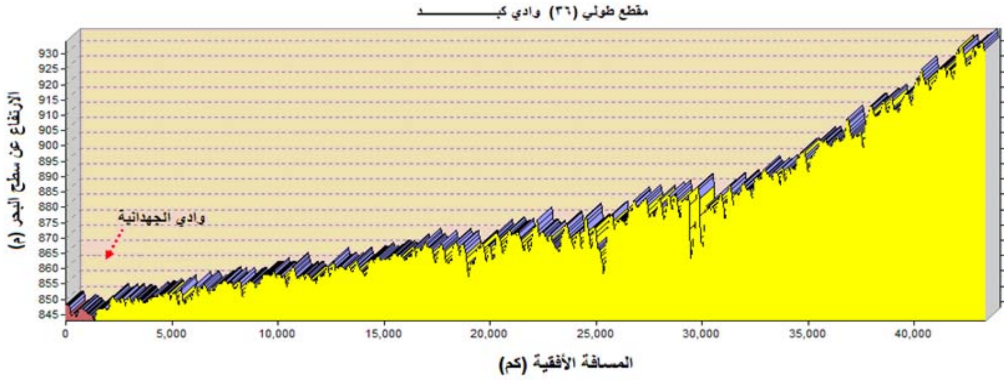



مقطع طولي (٣٠) وادي المنـــــــــاوخ
جبال برقة الغضيوية أم طور
(طور الغضيويات)
قاع
محران المناوخ
بئر
خبرة منوة
قاع الجفر
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
مقطع طولي (٣٢) وادي مشاش شويحط
جبال شويحط
وادي شويحط
مقطع طولي (٣١) وادي شويحط
جبال شويحط
وادي المناوخ
مقطع طولي (٣٤) وادي الغضيوية
جبال برقة الغضيوية أم طور
وادي المناوخ
مقطع طولي (٣٣) وادي وديعة الشهيـــاء
جبال شويحط
وادي شويحط

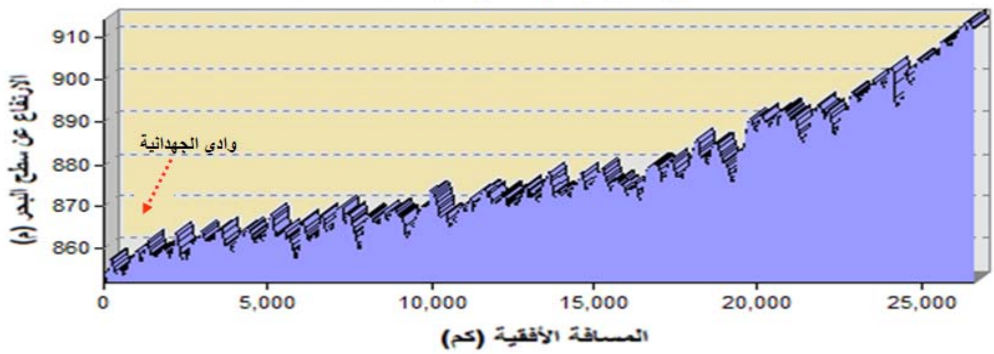
مقطع طولي (٣٥) وادي الجهدانية



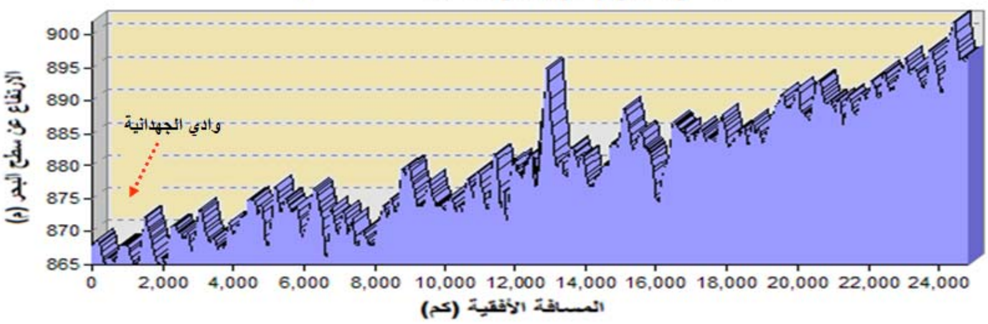
مقطع طولي (٣٦) وادي كبد



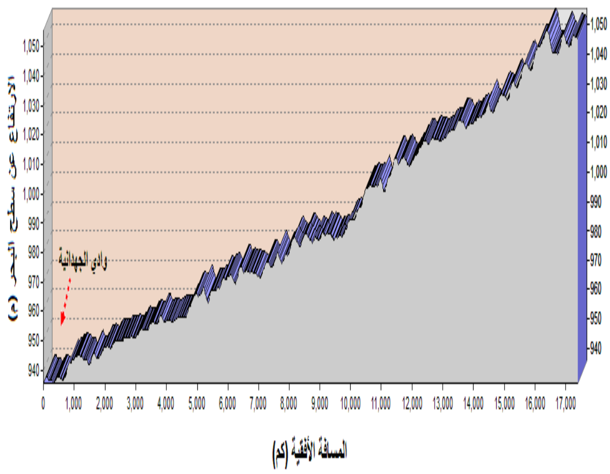
مقطع طولي (٣٧) وادي رجلة كبد الغربية



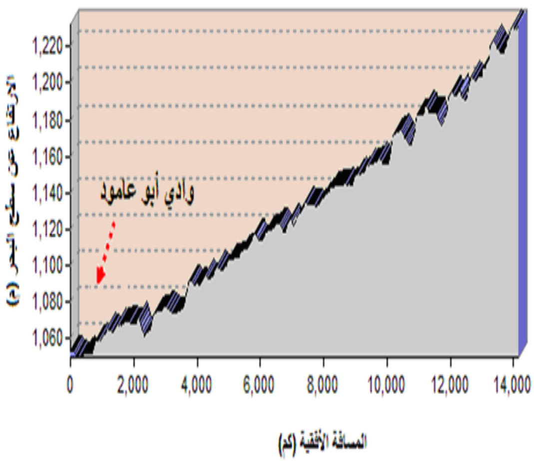
مقطع طولي (٣٨) وادي أم صير



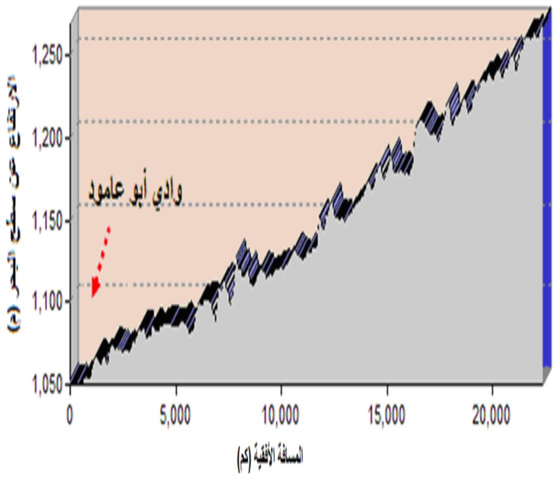
مقطع طولي (٣٩) وادي ابو عامـــود



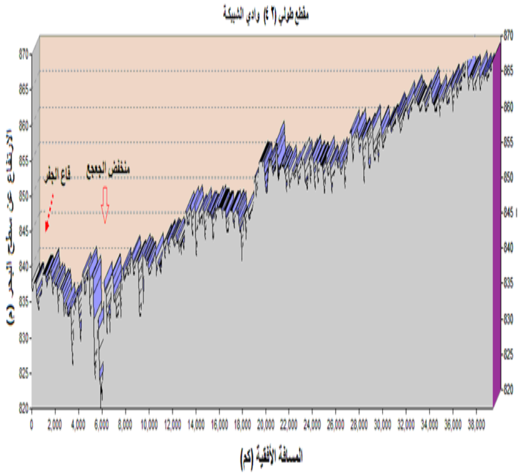
مقطع طولي (٤٠) وادي الأحمــــــــــــر



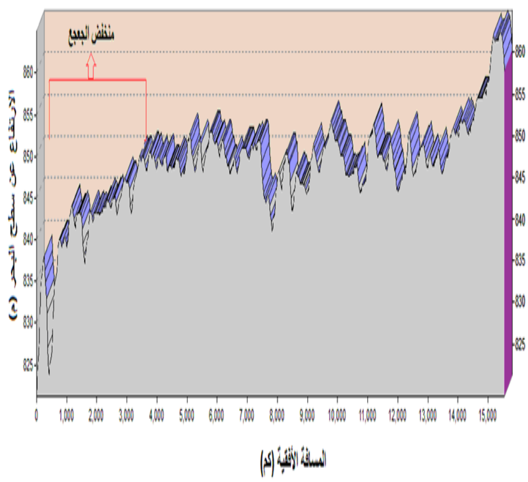
مقطع طولي (٤١) وادي الهــــــــريب

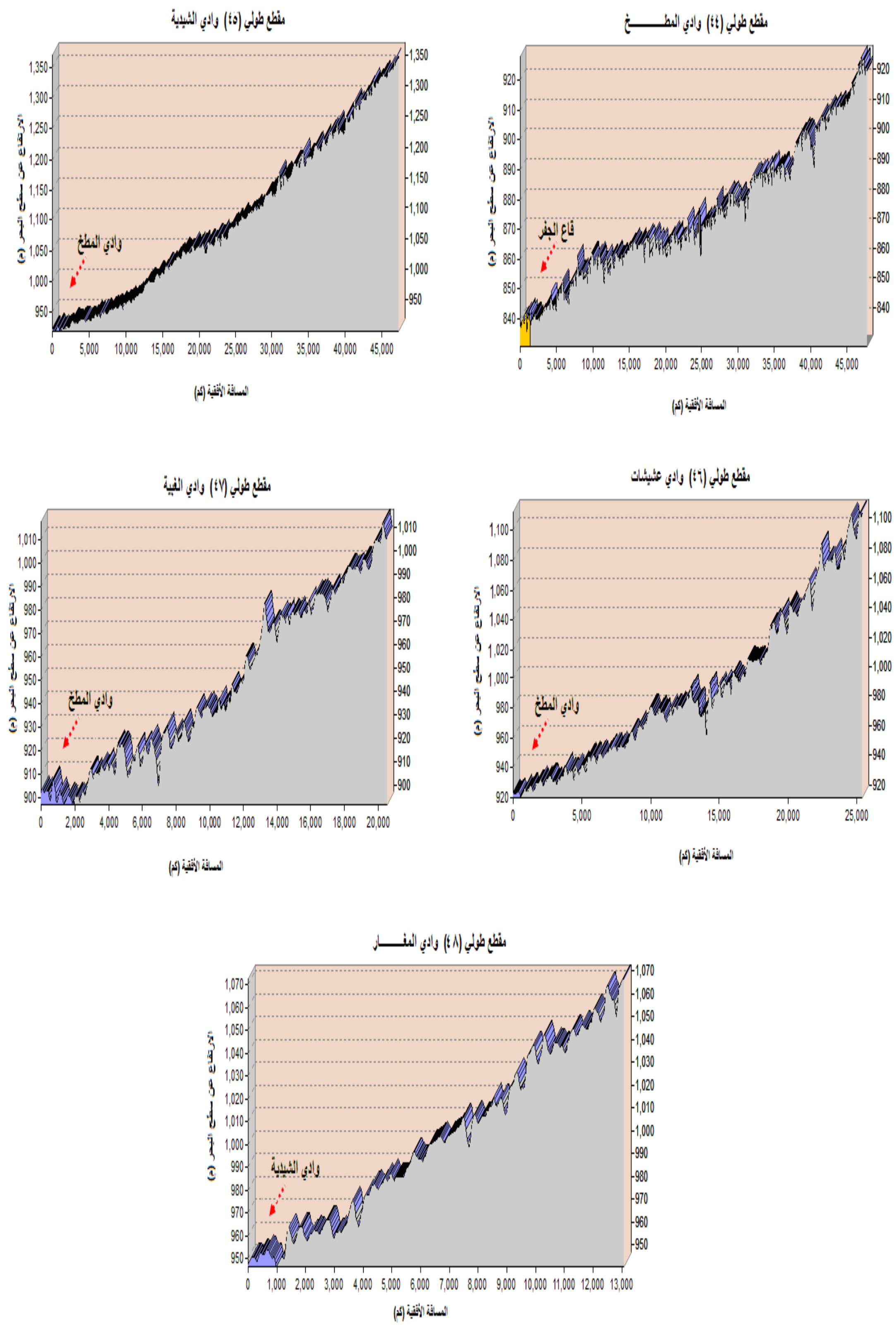


مقطع طولي (٤٢) وادي الشبيكة

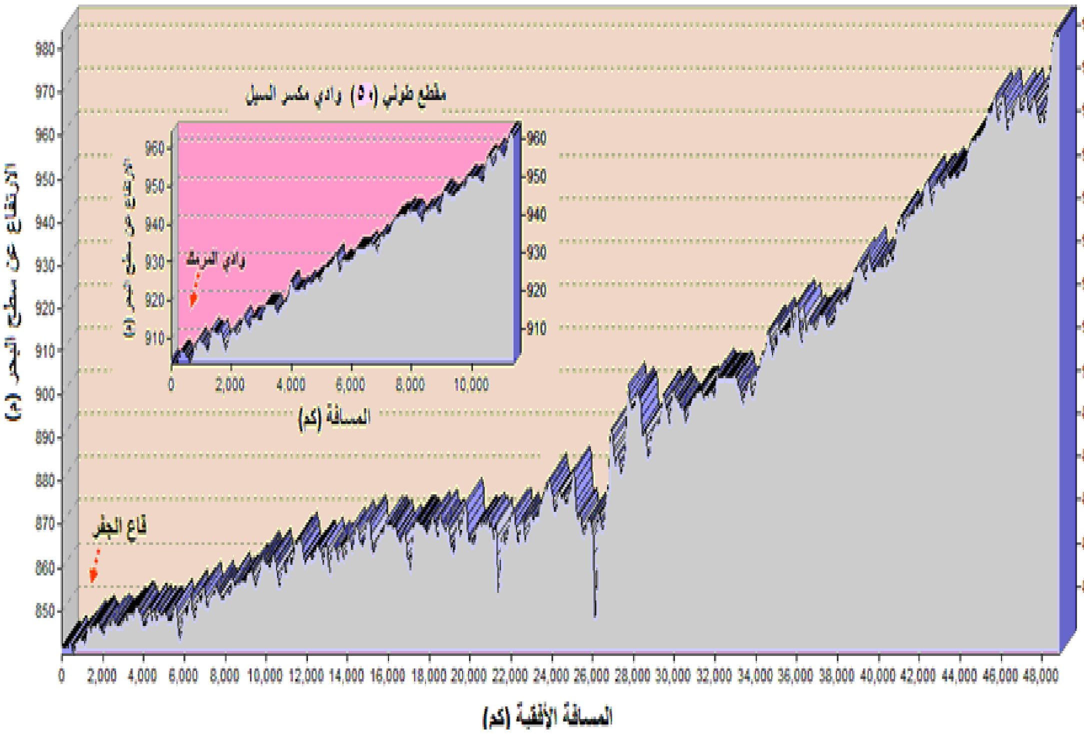


مقطع طولي (٤٣) وادي السحل الابيض

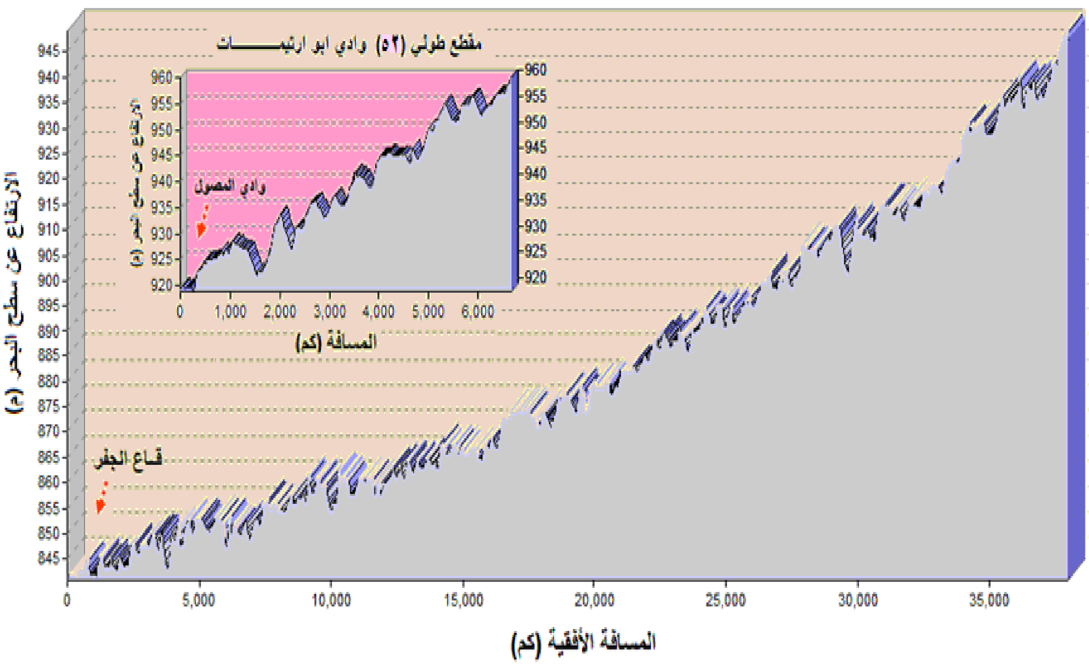


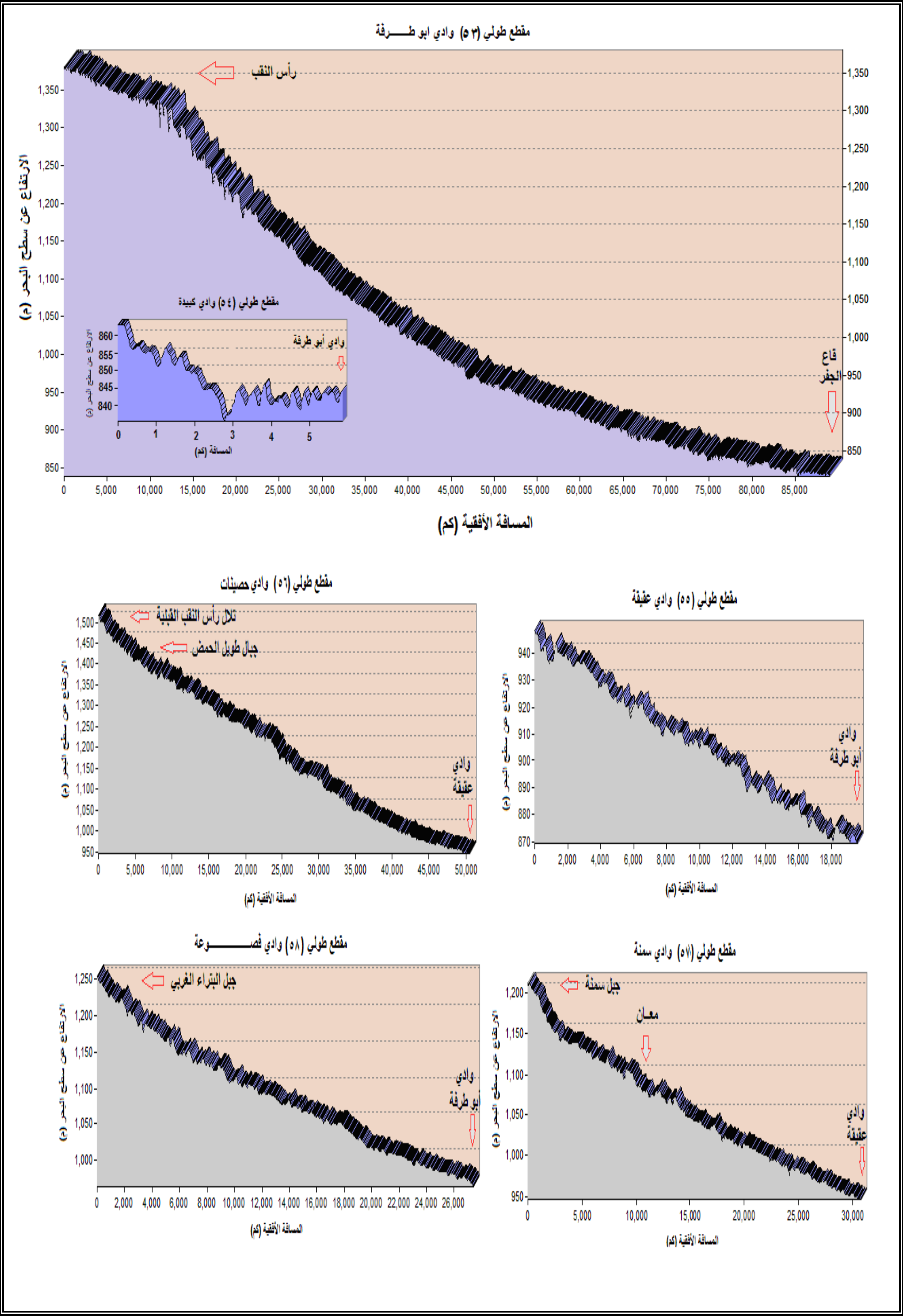

مقطع طولي (٤٤) وادي المطـــــــخ
قاع الجفر
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
مقطع طولي (٤٥) وادي الشبدية
وادي المطخ
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
مقطع طولي (٤٦) وادي عشيشات
وادي المطخ
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
مقطع طولي (٤٧) وادي الغبية
وادي المطخ
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
مقطع طولي (٤٨) وادي المغـــار
وادي الشبدية
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)

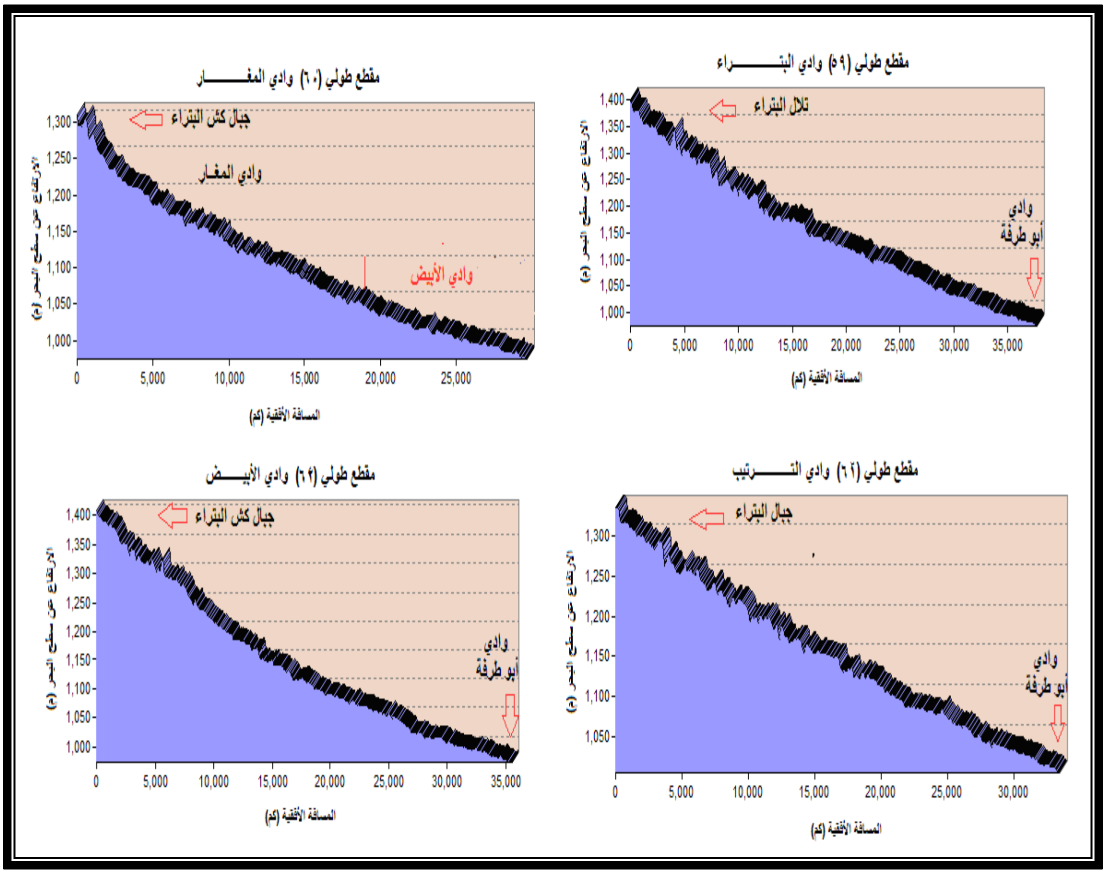
مقطع طولي (٤٩) وادي المرمـــك



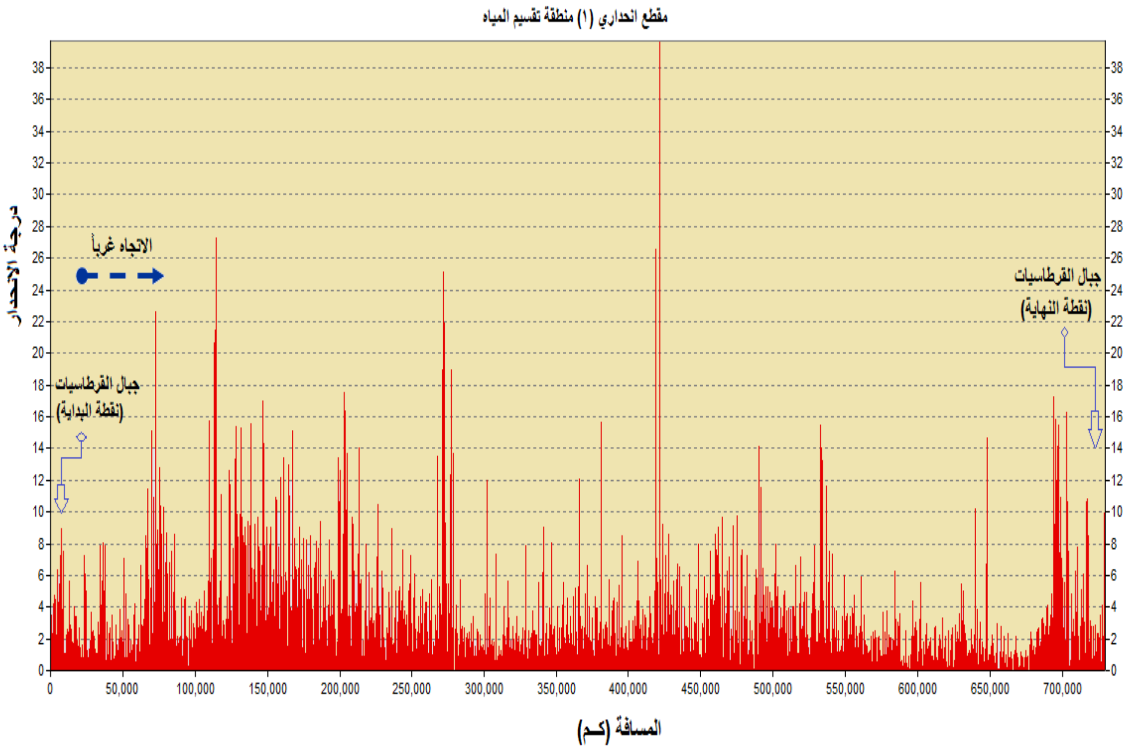
مقطع طولي (٥١) وادي المصـــول

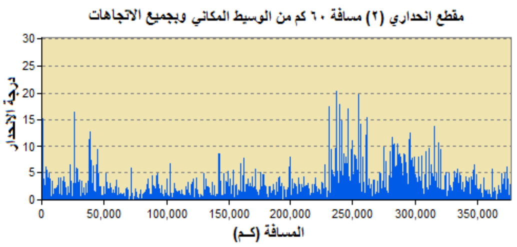


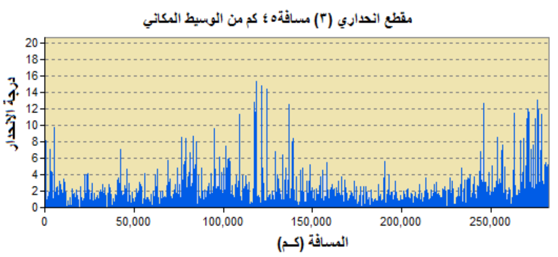

مقطع طولي (٥٣) وادي ابو طـــرفة
رأس النقب
قاع الجفر
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
مقطع طولي (٥٤) وادي كبيدة
وادي أبو طرفة
المسافة (كم)
مقطع طولي (٥٦) وادي حصينات
تلال رأس النقب القبلية
جبال طويل الحمض
وادي عقيقة
مقطع طولي (٥٥) وادي عقيقة
وادي أبو طرفة
مقطع طولي (٥٨) وادي فصـــــوعة
جبل البتراء الغربي
وادي أبو طرفة
مقطع طولي (٥٧) وادي سمنة
جبل سمنة
معـان
وادي عقيقة

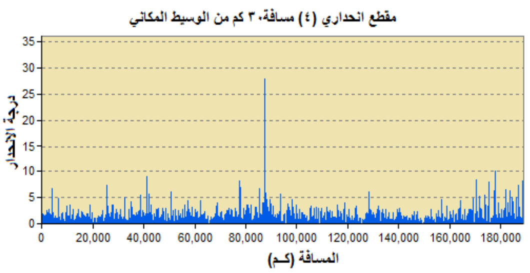

مقطع طولي (٥٩) وادي البتـــــــــراء
تلال البتراء
وادي
أبو طرفة
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
1,400
1,350
1,300
1,250
1,200
1,150
1,100
1,050
1,000
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
30,000
35,000
مقطع طولي (٦٠) وادي المغــــــــار
جبال كش البتراء
وادي المغـار
وادي الأبيض
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
1,300
1,250
1,200
1,150
1,100
1,050
1,000
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
مقطع طولي (٦٢) وادي التـــــــرتيب
جبال البتراء
وادي
أبو طرفة
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
1,300
1,250
1,200
1,150
1,100
1,050
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
30,000
مقطع طولي (٦٤) وادي الأبيـــــض
جبال كش البتراء
وادي
أبو طرفة
الارتفاع عن سطح البحر (م)
المسافة الأفقية (كم)
1,400
1,350
1,300
1,250
1,200
1,150
1,100
1,050
1,000
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
30,000
35,000

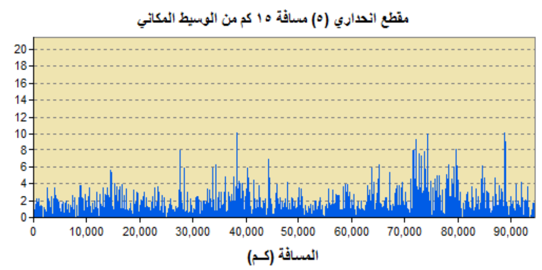
ملحق رقم (3) المقاطع الانحدارية لحوض الجفر

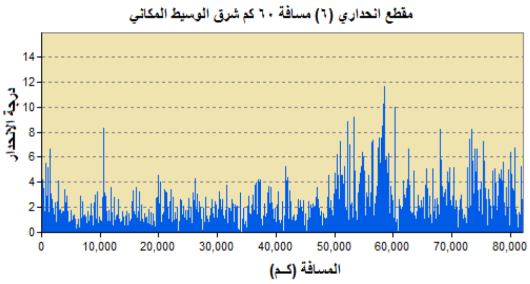


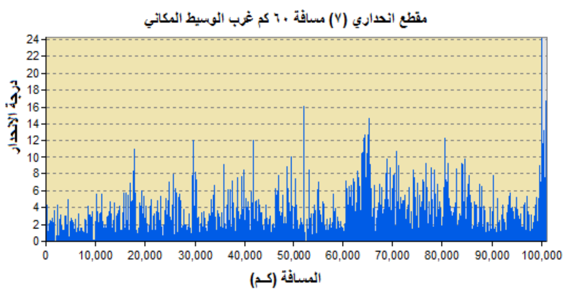




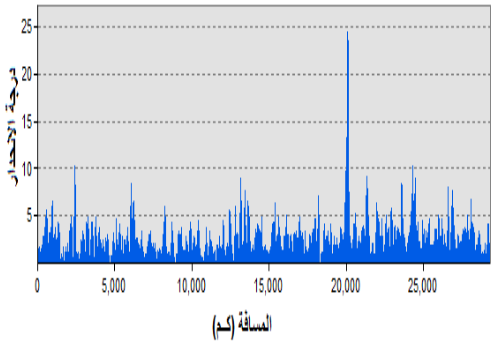




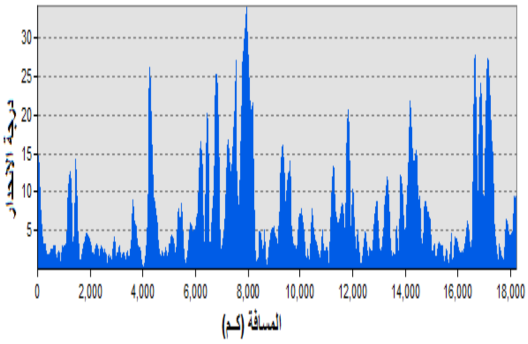




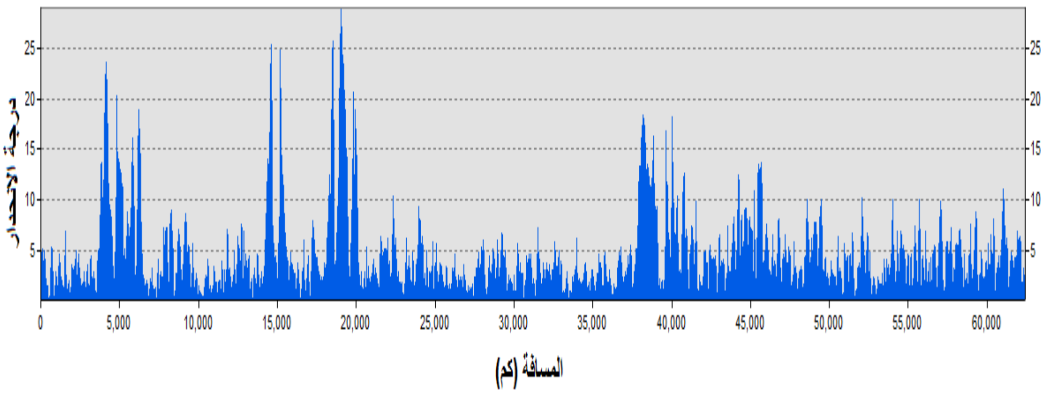
مقطع انحداري (٨) مسافة ٢٥ كم شمال شرق - شمال غرب الوسيط المكاني



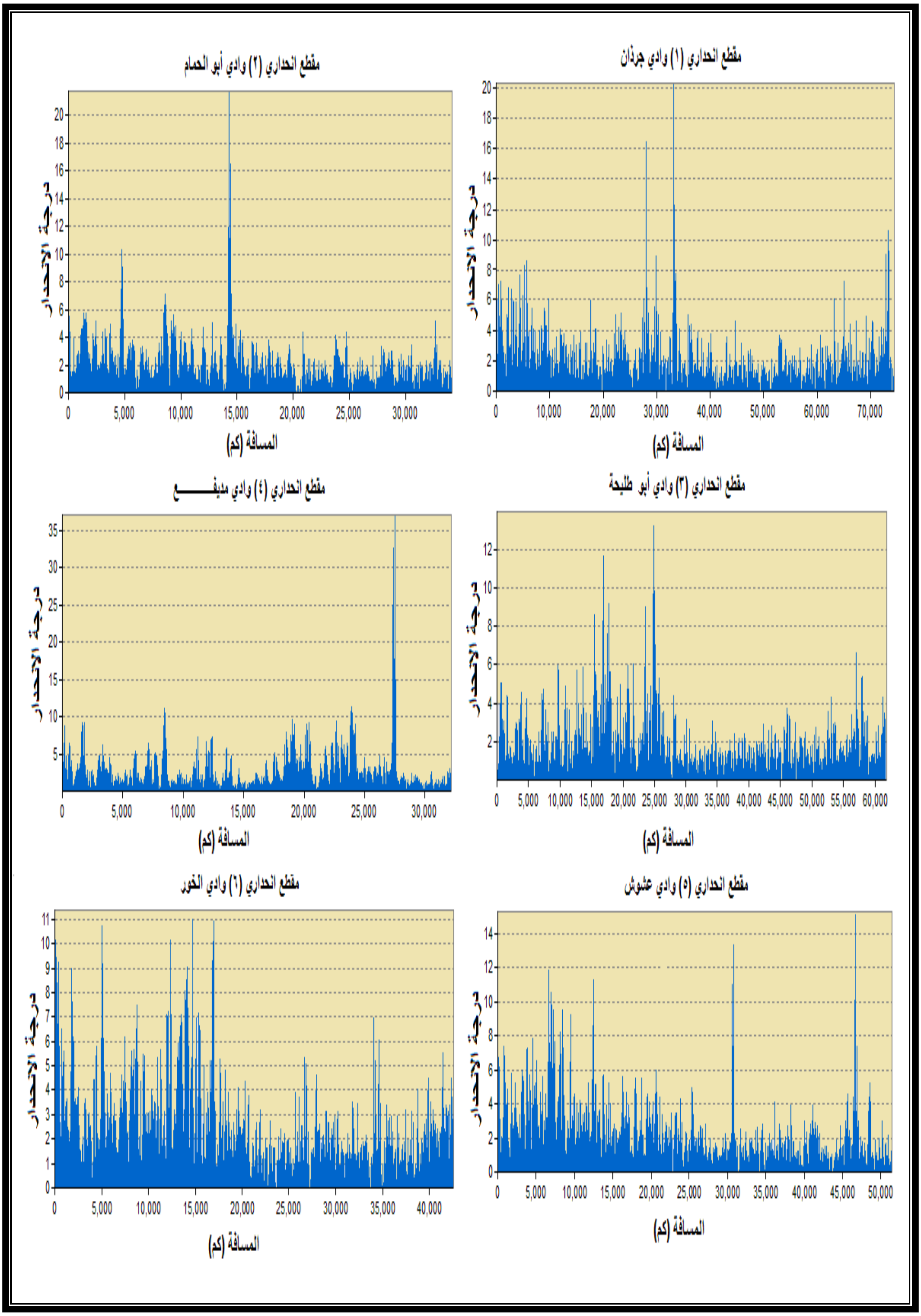
مقطع انحداري (٩) مسافة ٢٥ كم جنوب شرق - جنوب غرب الوسيط المكاني

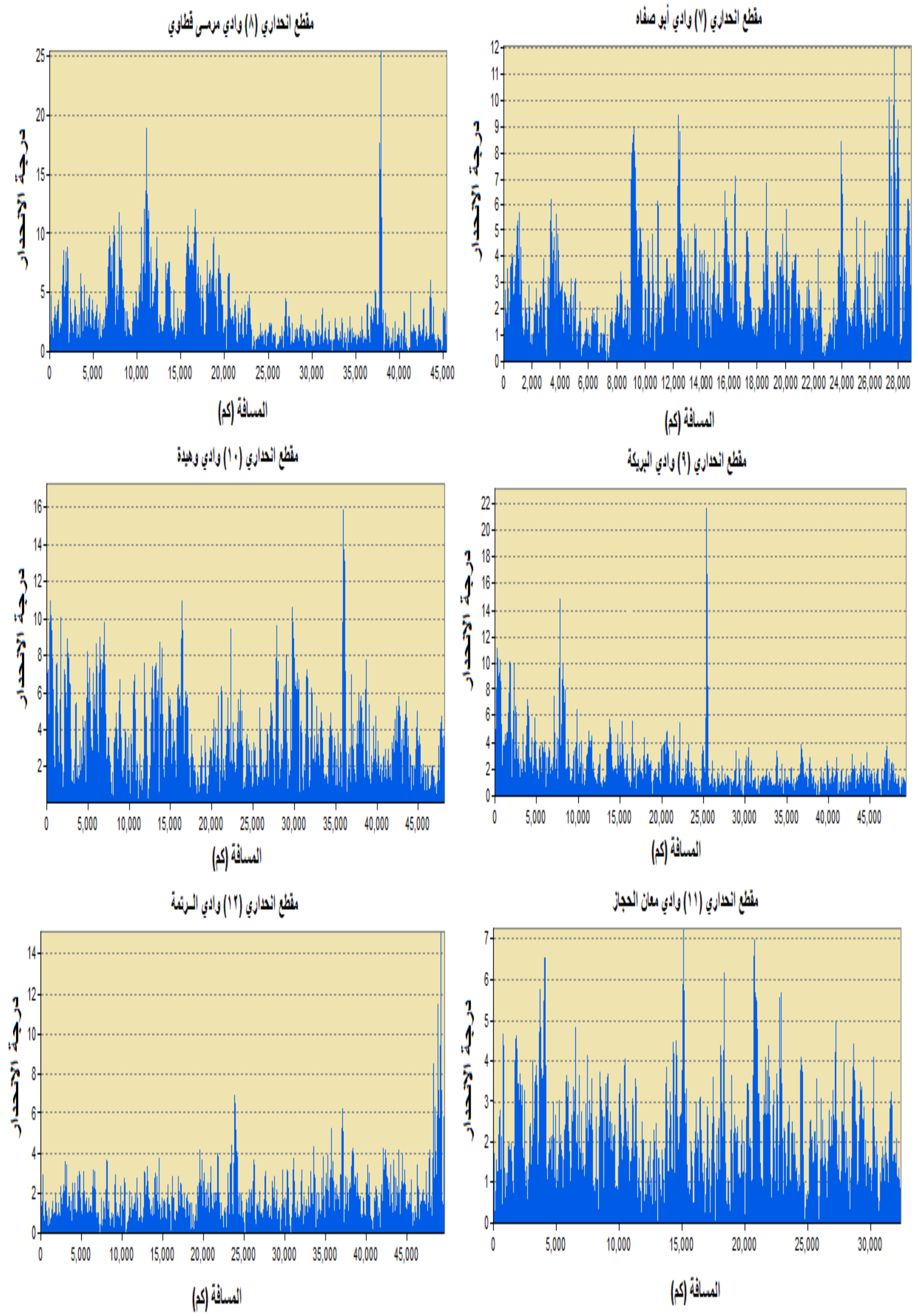


مقطع انحداري (١٠) مسافة ١٠كم من الوسيط المكاني وبجميع الاتجاهات

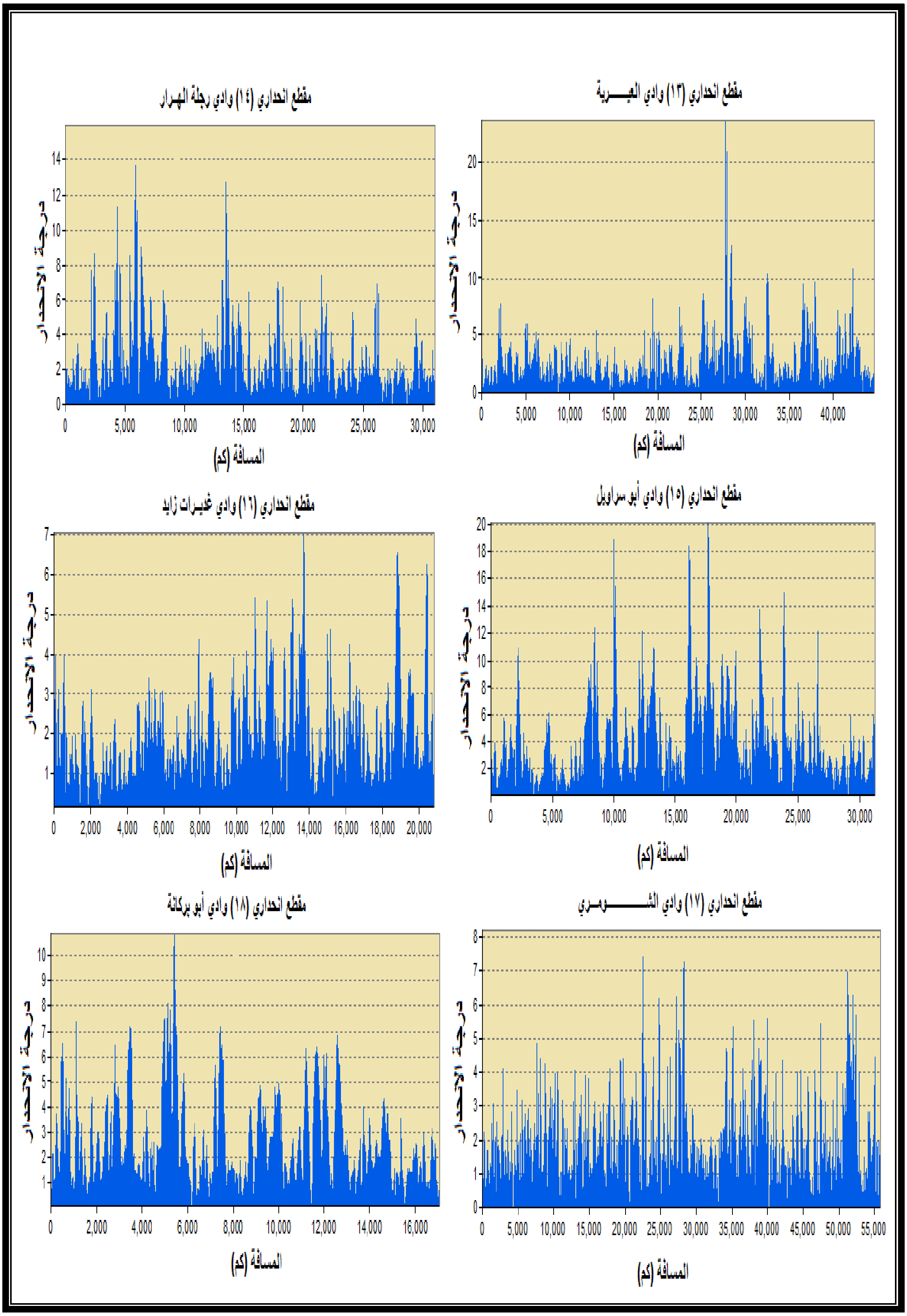


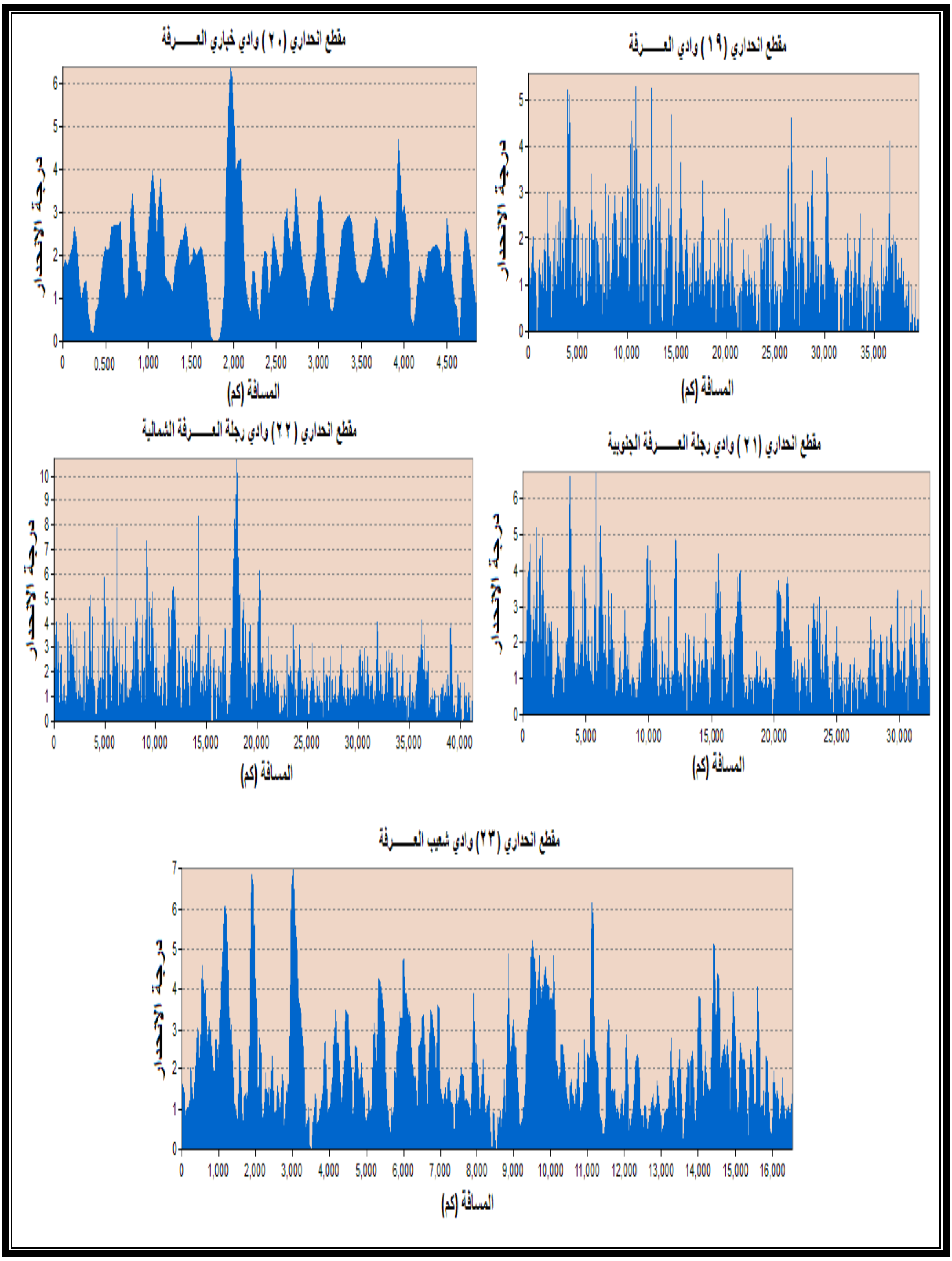
ملحق رقم (4) المقاطع الانحدارية للأودية في حوض الجفر



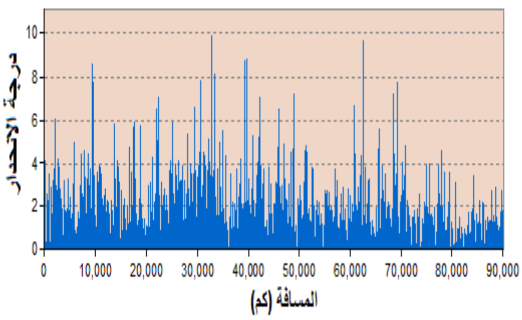


مقطع انحداري (٧) وادي أبو صفاه
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٨) وادي مرمـى قطاوي
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٩) وادي البريكة
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (١٠) وادي وهيدة
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (١١) وادي معان الحجاز
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (١٢) وادي الـرتمة
درجة الانحدار
المسافة (كم)

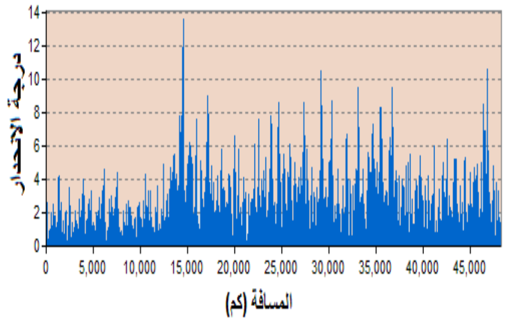

مقطع انحداري (١٤) وادي رجلة الهـرار
مقطع انحداري (١٣) وادي العيــــرية
مقطع انحداري (١٦) وادي غديـرات زايد
مقطع انحداري (١٥) وادي أبو سراويل
مقطع انحداري (١٨) وادي أبو بركانة
مقطع انحداري (١٧) وادي الشــــــومـري
درجة الانحدار
المسافة (كم)


مقطع انحداري (٢٠) وادي خباري العـــرفة
مقطع انحداري (١٩) وادي العـــرفة
مقطع انحداري (٢٢) وادي رجلة العـــرفة الشمالية
مقطع انحداري (٢١) وادي رجلة العـــرفة الجنوبية
مقطع انحداري (٢٣) وادي شعيب العـــرفة
درجة الانحدار
المسافة (كم)

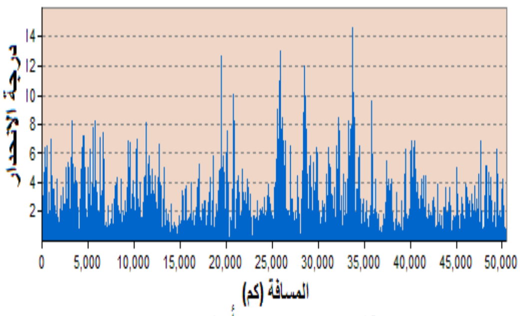
مقطع انحداري (٢٤) وادي الغـــــــاب



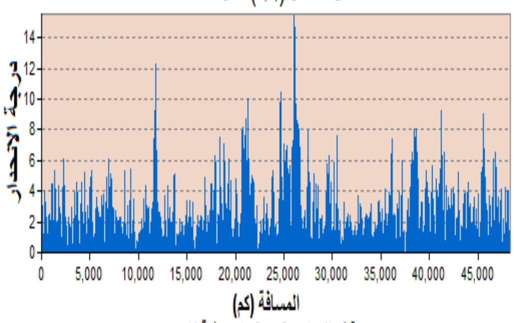
مقطع انحداري (٢٥) وادي الفيحـــــــاء



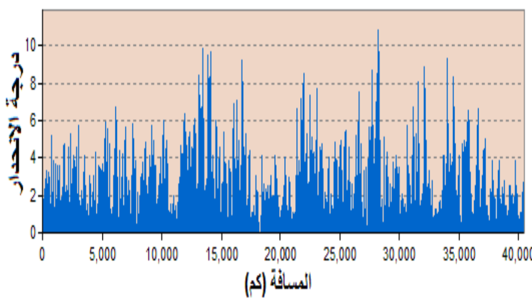
مقطع انحداري (٢٦) وادي تليل الجمـــوع



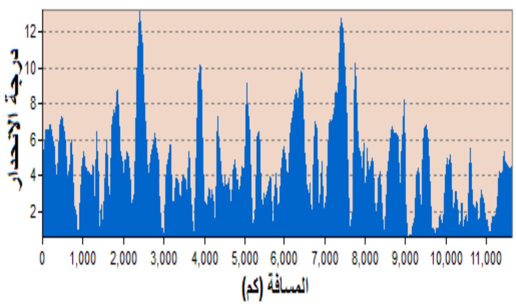
مقطع انحداري (٢٧) وادي ابـو شـارب



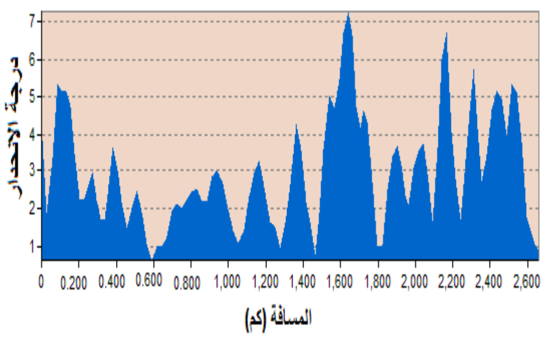
مقطع انحداري (٢٨) وادي أم لبـــــن



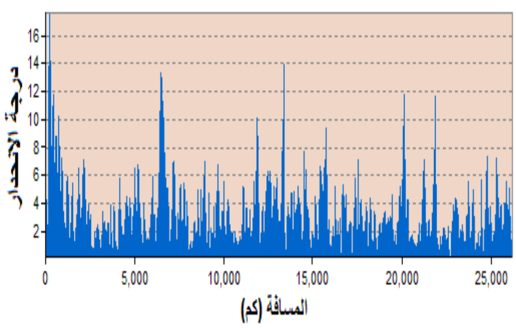
مقطع انحداري (٢٩) وادي تلعة زايـــد



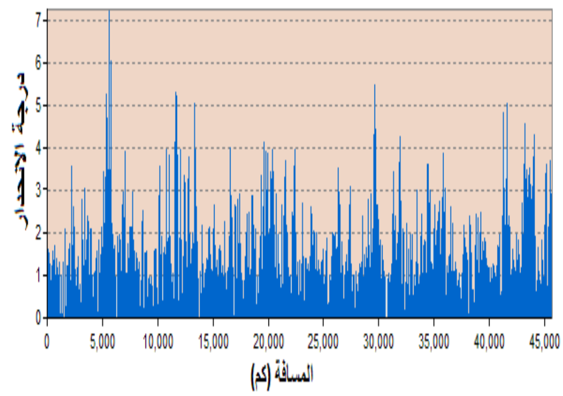
مقطع انحداري (٣٠) وادي خبـرة القرة



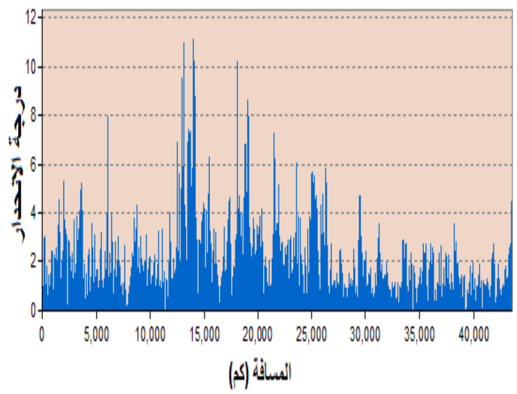
مقطع انحداري (٣١) وادي خبـرة بني عطية



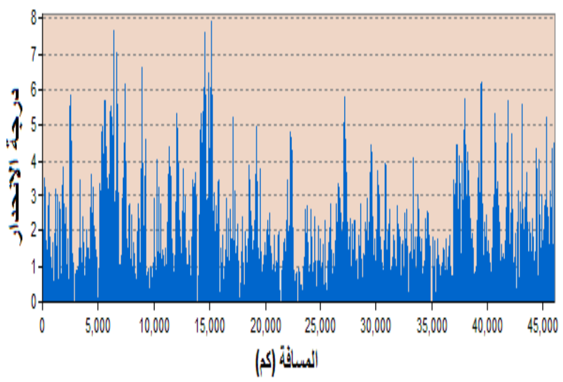
مقطع انحداري (٣٢) وادي المنـــــاوخ



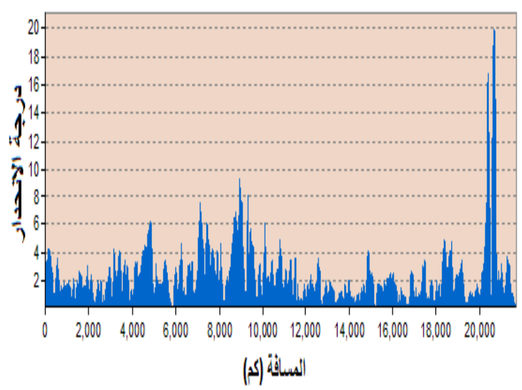
مقطع انحداري (٣٣) وادي كـــــــبد



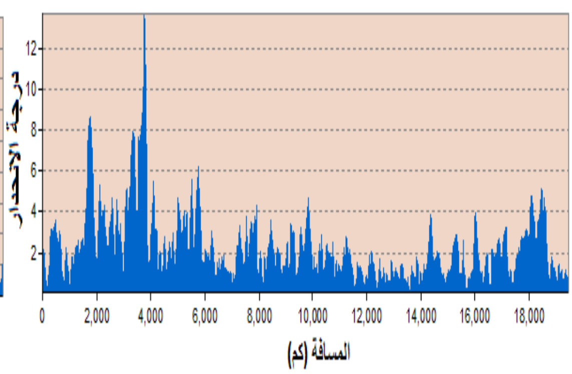
مقطع انحداري (٣٤) وادي الغضيوية



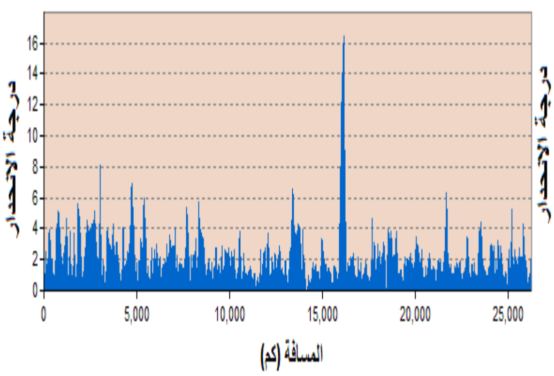
مقطع انحداري (٣٥) وادي شويحط

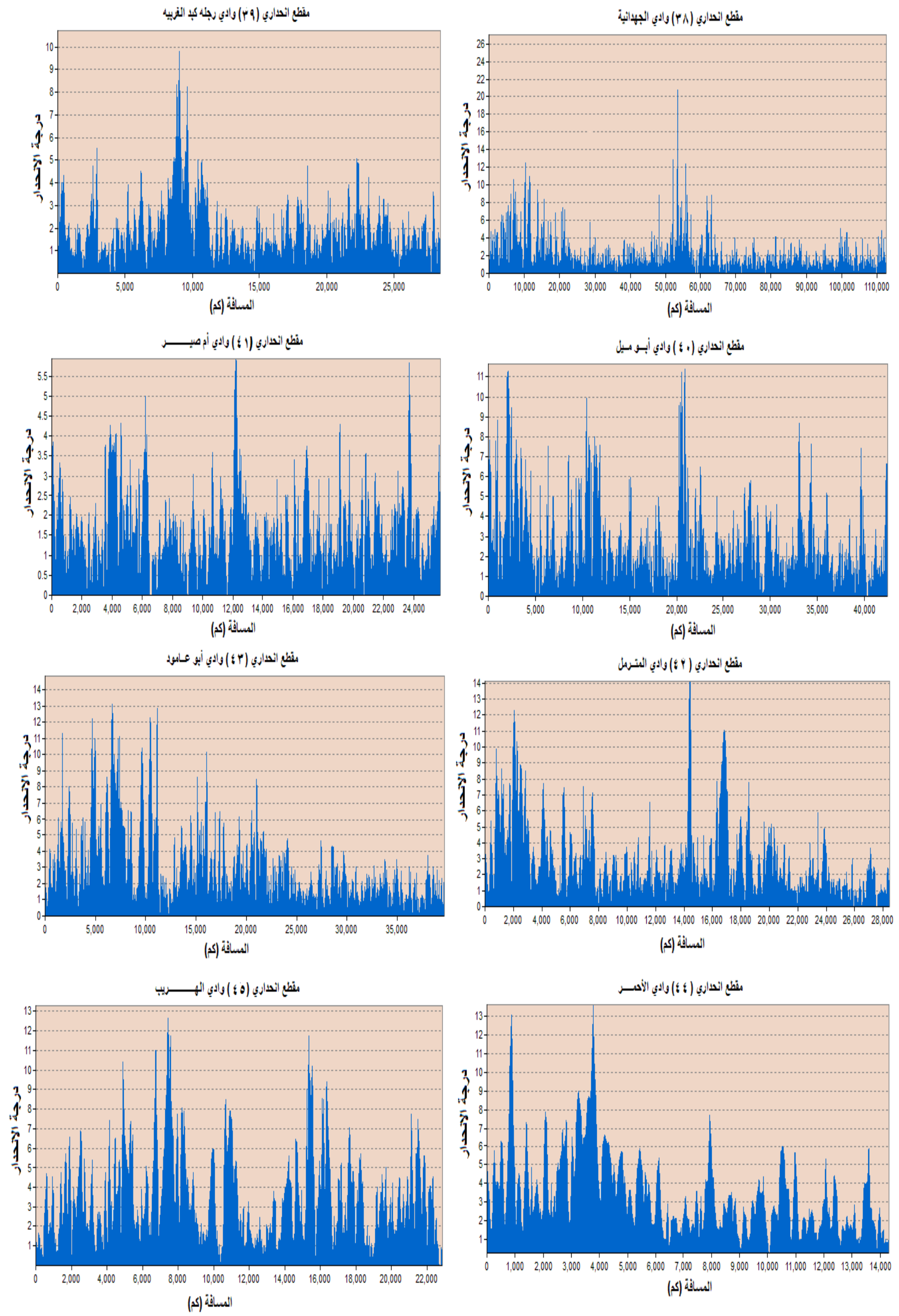


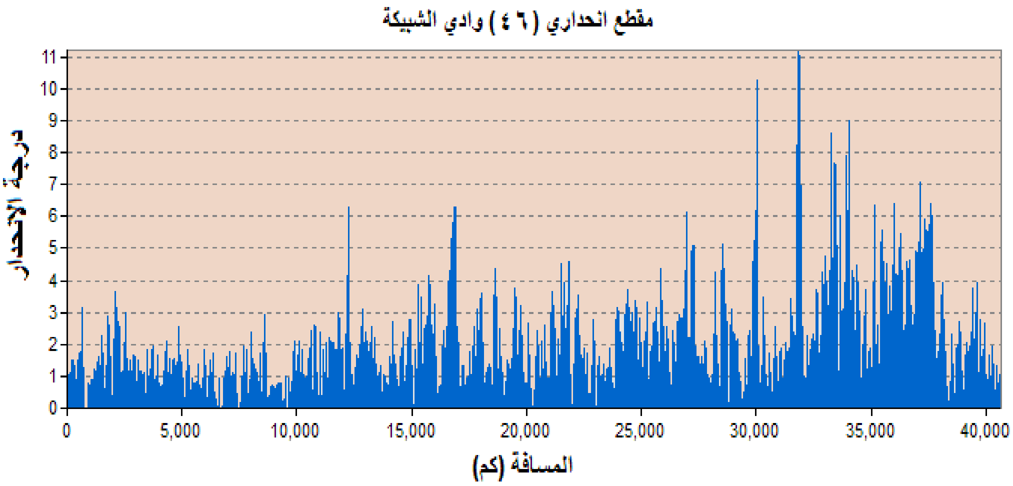
مقطع انحداري (٣٦) وادي مشاش شويحط



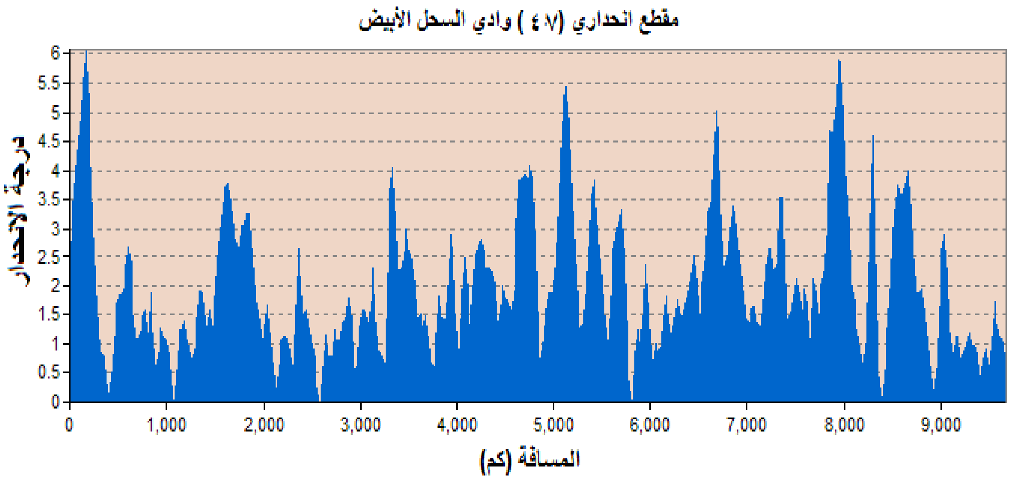
مقطع انحداري (٣٧) وادي وديعة الشهبـاء



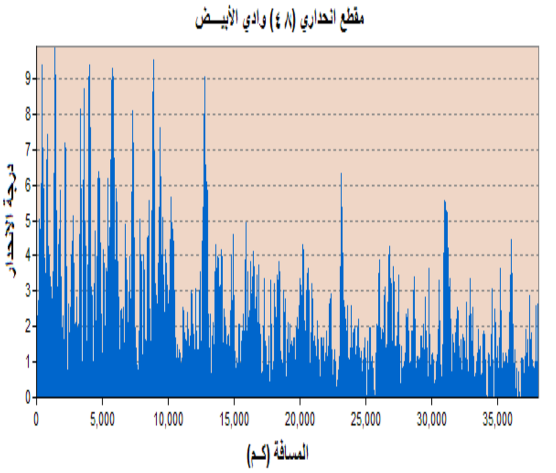

مقطع انحداري (٣٨) وادي الجهدانية
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٣٩) وادي رجله كبد الغربيه
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٤٠) وادي أبـو مـيل
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٤١) وادي أم صيــــــر
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٤٢) وادي المتـرمل
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٤٣) وادي أبو عـامود
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٤٤) وادي الأحمــر
درجة الانحدار
المسافة (كم)
مقطع انحداري (٤٥) وادي الهــــــريب
درجة الانحدار
المسافة (كم)

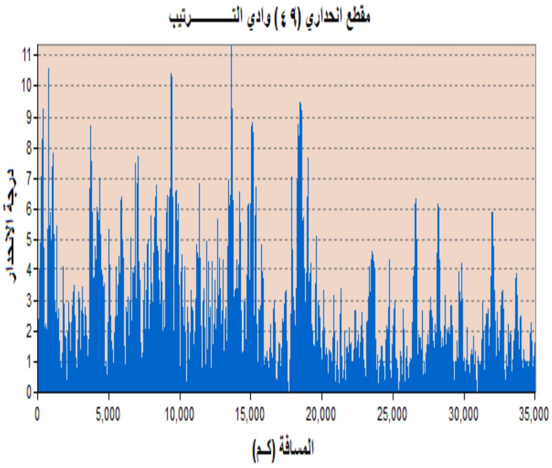


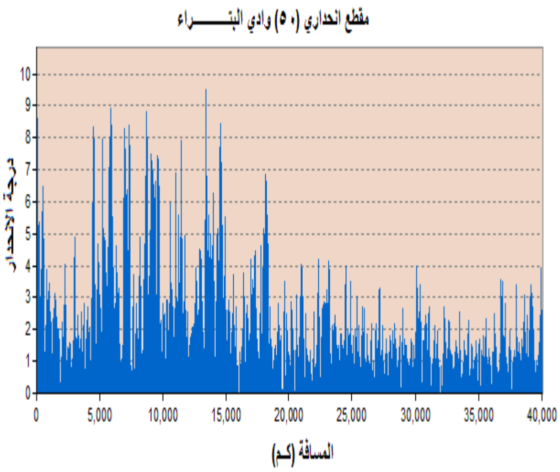
مقطع انحداري (٤٦) وادي الشبيكة
درجة الانحدار
المسافة (كم)
0
5,000
10,000
15,000
20,000
25,000
30,000
35,000
40,000

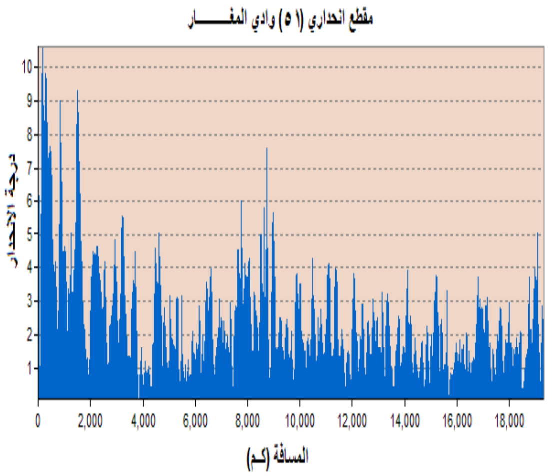


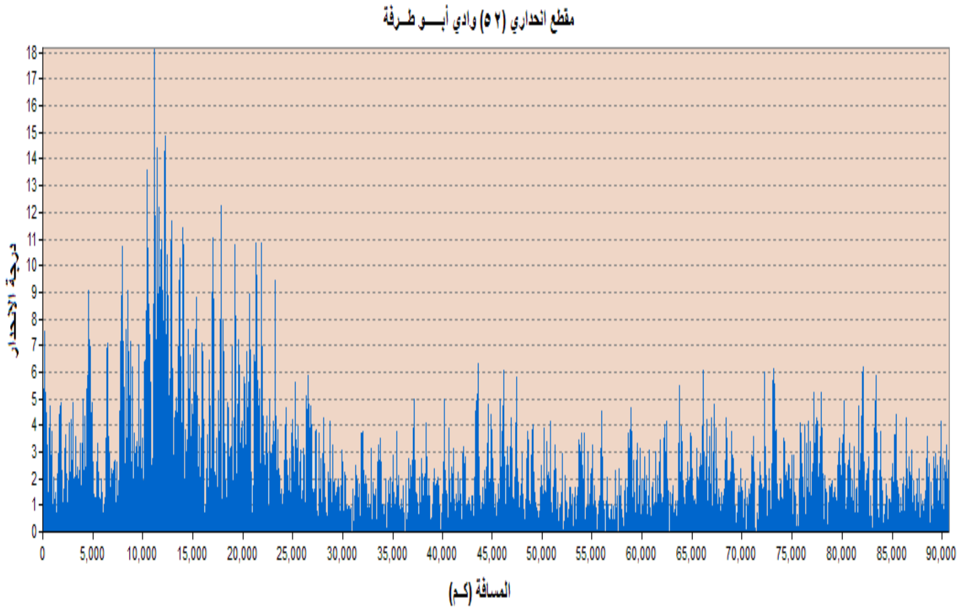
مقطع انحداري (٤٧) وادي السحل الأبيض
درجة الانحدار
المسافة (كم)
0
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
7,000
8,000
9,000

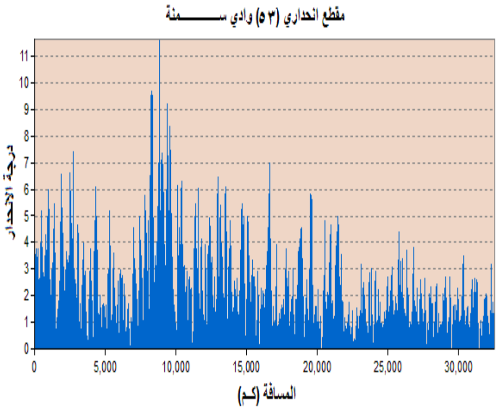

مقطع انحداري (٤٨) وادي الأبيــض
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

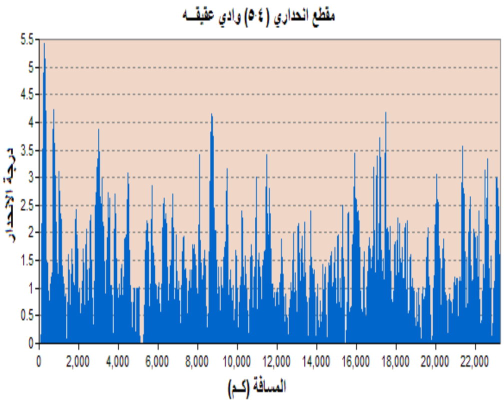

مقطع انحداري (٤٩) وادي التـــــــرتيب
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

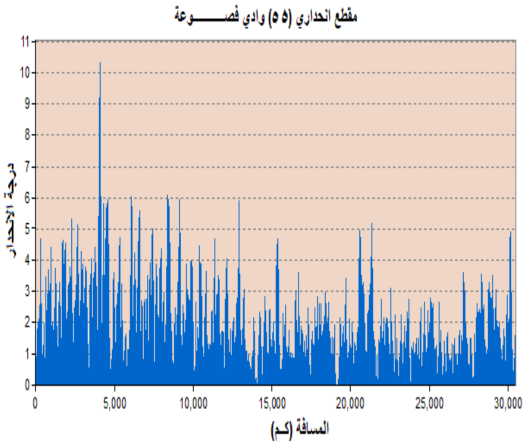

مقطع انحداري (٥٠) وادي البتـــــــراء
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

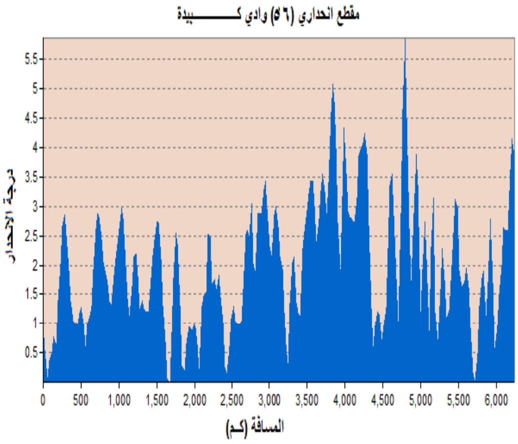

مقطع انحداري (٥١) وادي المغـــــــار
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

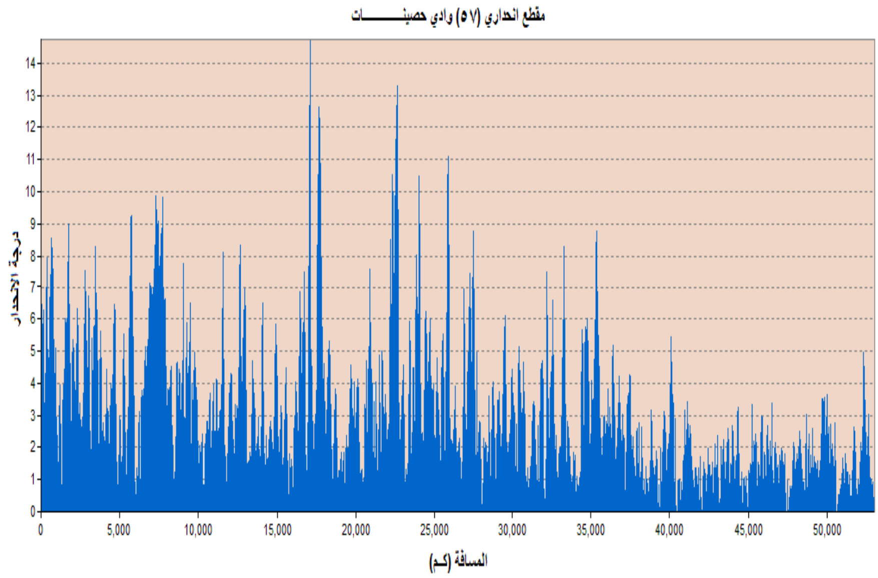

مقطع انحداري (٥٢) وادي أبـــو طـرفة
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

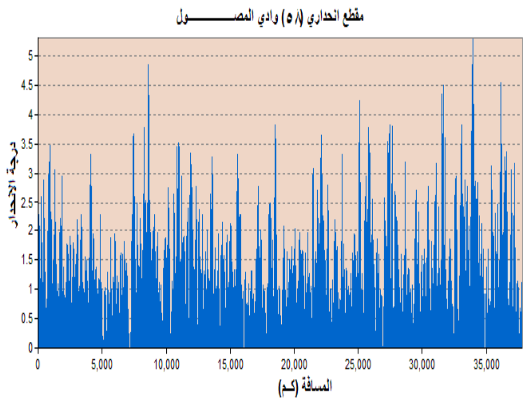

مقطع انحداري (٥٣) وادي ســــمنة
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

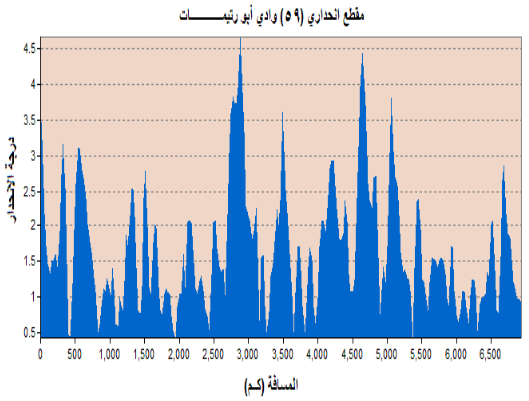

مقطع انحداري (٥٤) وادي عقيقــه
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

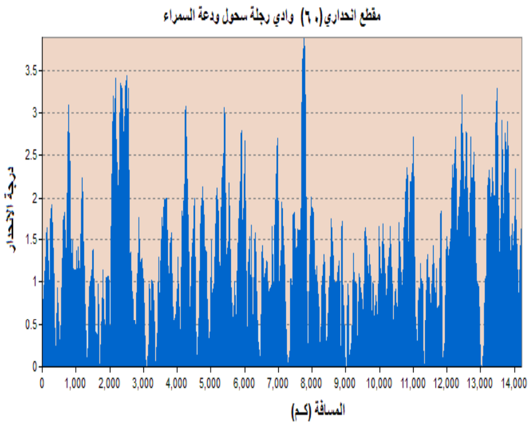

مقطع انحداري (٥٥) وادي قصـــوعة
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

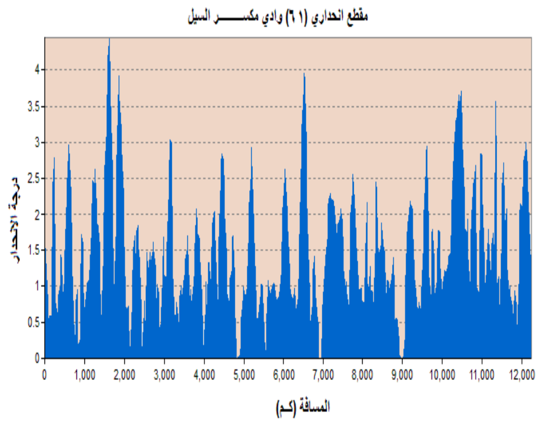

مقطع انحداري (٥٦) وادي كــــبيدة
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

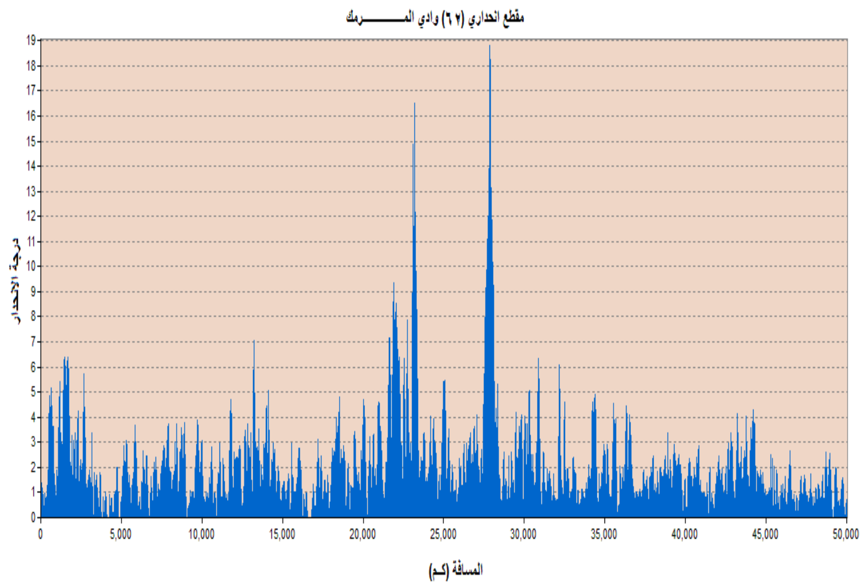

مقطع انحداري (٥٧) وادي حصينـــات
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

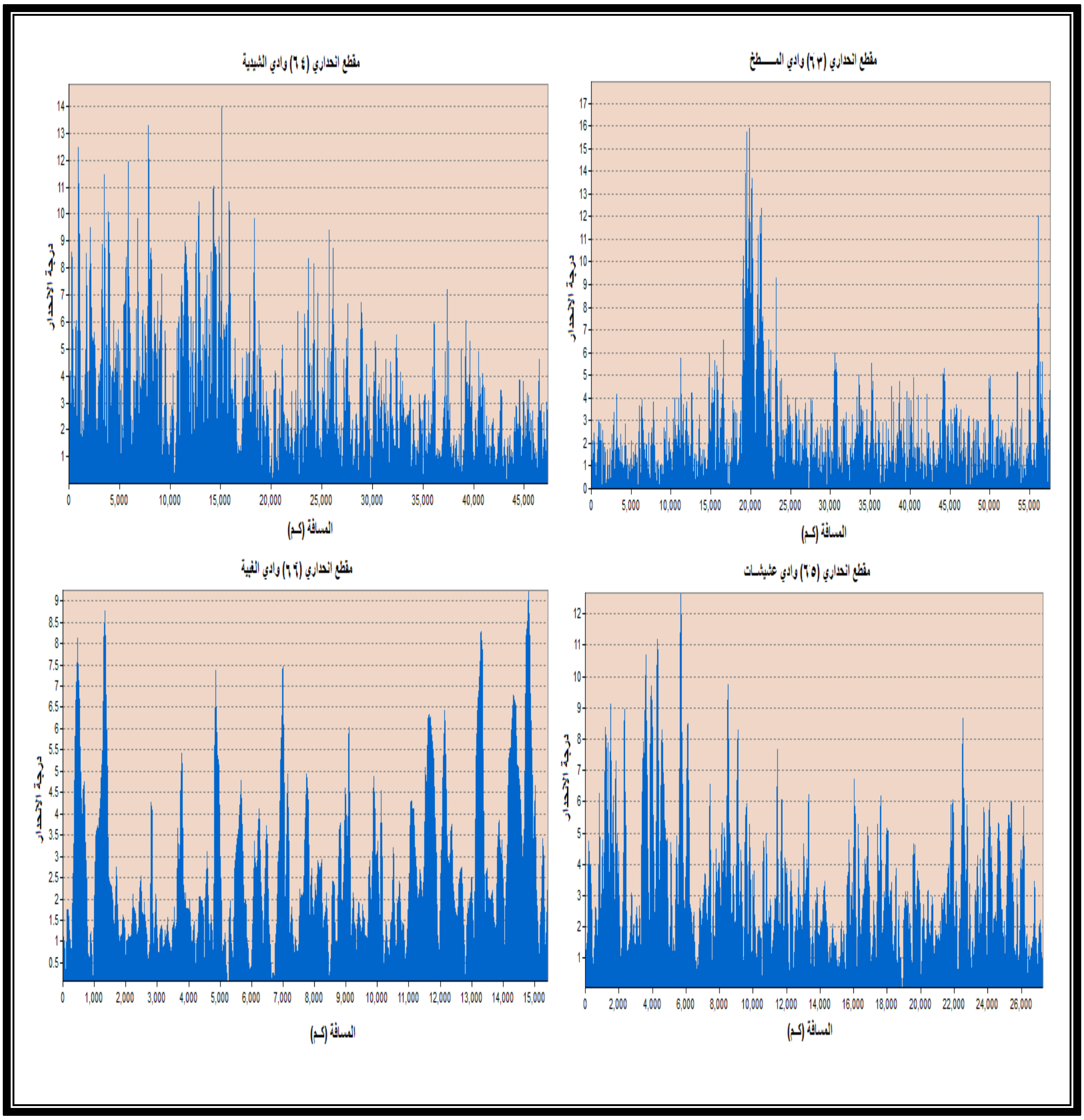

مقطع انحداري (٥٨) وادي المصـــــــــــول
درجة الانحدار
المسافة (كـم)


مقطع انحداري (٥٩) وادي أبو رتيمـــــــــات
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

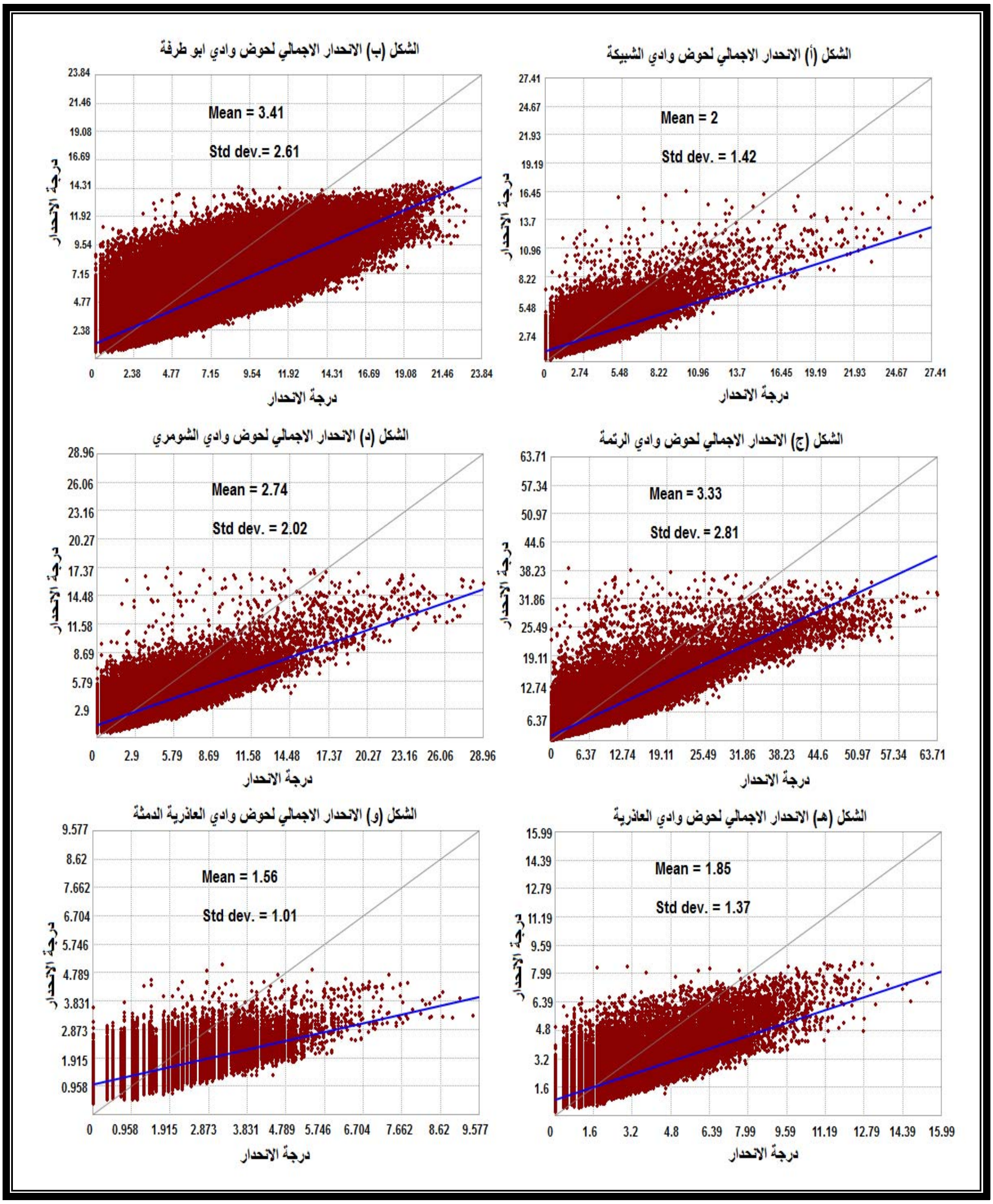

مقطع انحداري (٦٠) وادي رجلة سحول ودعة السمراء
درجة الانحدار
المسافة (كـم)


مقطع انحداري (٦١) وادي مكســـــــر السيل
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

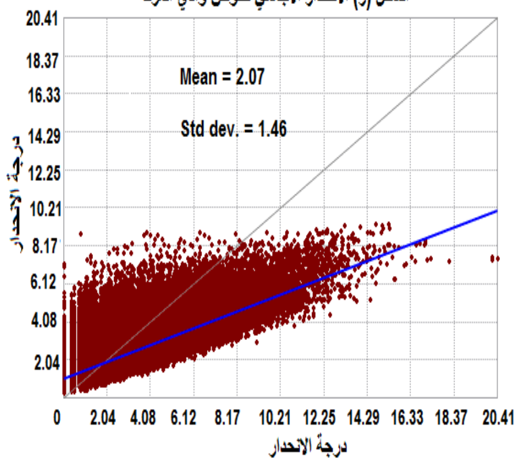

مقطع انحداري (٦٢) وادي المـــــــــــرمك
درجة الانحدار
المسافة (كـم)


مقطع انحداري (٦٣) وادي المــــطخ
درجة الانحدار
المسافة (كـم)
مقطع انحداري (٦٤) وادي الشيدية
درجة الانحدار
المسافة (كـم)
مقطع انحداري (٦٥) وادي عشيشــات
درجة الانحدار
المسافة (كـم)
مقطع انحداري (٦٦) وادي الغيبة
درجة الانحدار
المسافة (كـم)

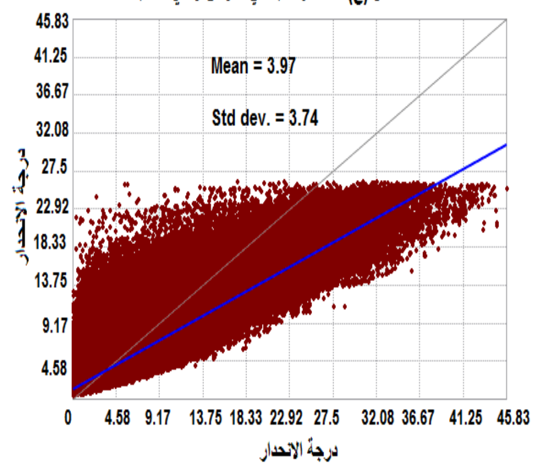
ملحق رقم (5) درجة الانحدار الإجمالي في حوض الجفر



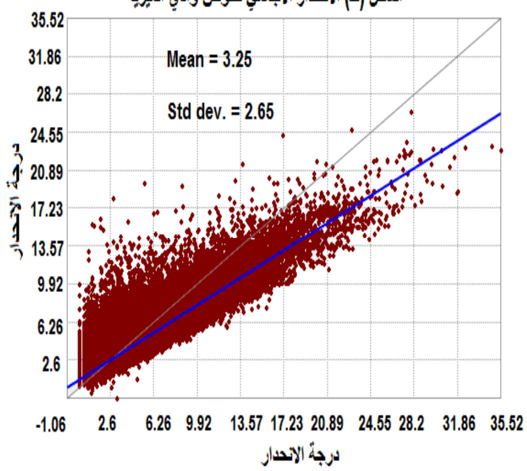
الشكل (ز) الانحدار الاجمالي لحوض وادي العرفة



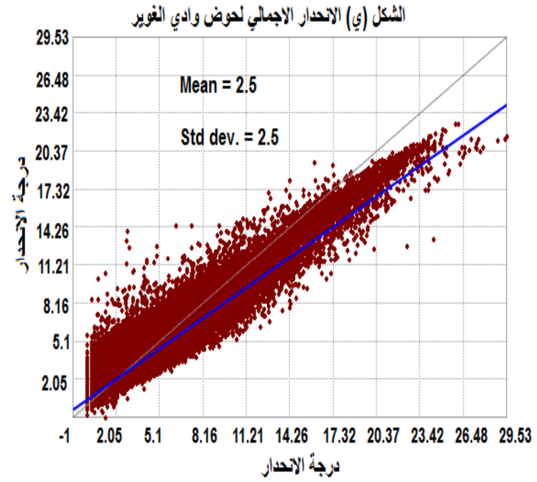
الشكل (ح) الانحدار الاجمالي لحوض وادي العناب



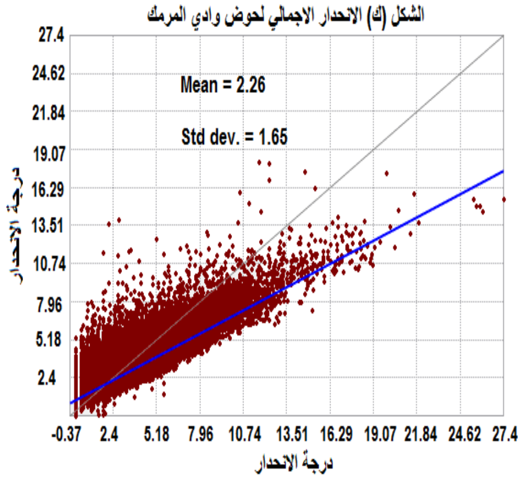
الشكل (ط) الانحدار الاجمالي لحوض وادي العيرية



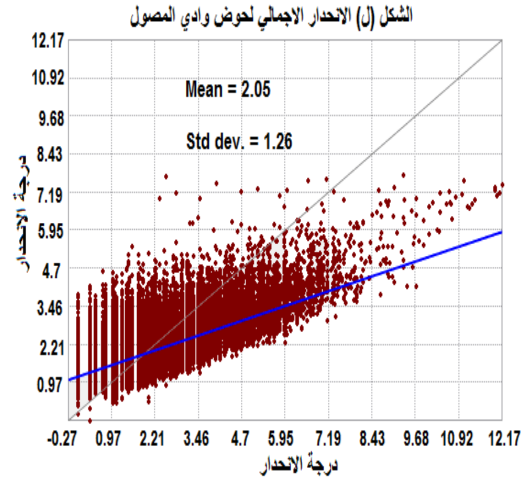
الشكل (ي) الانحدار الاجمالي لحوض وادي الغوير



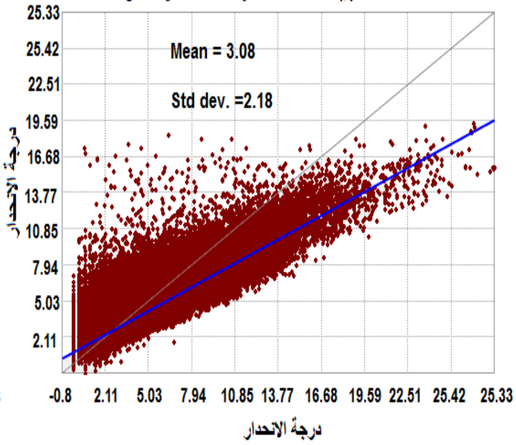
الشكل (ك) الانحدار الاجمالي لحوض وادي المرمك



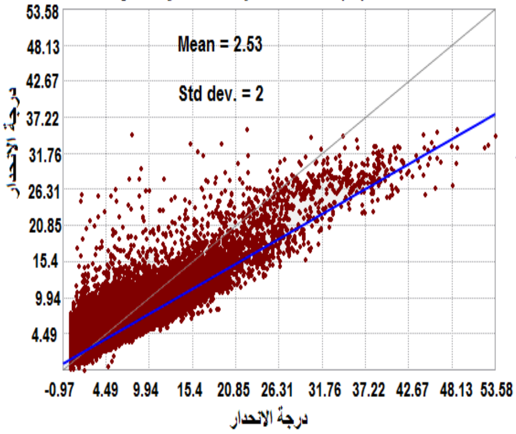
الشكل (ل) الانحدار الاجمالي لحوض وادي المصول



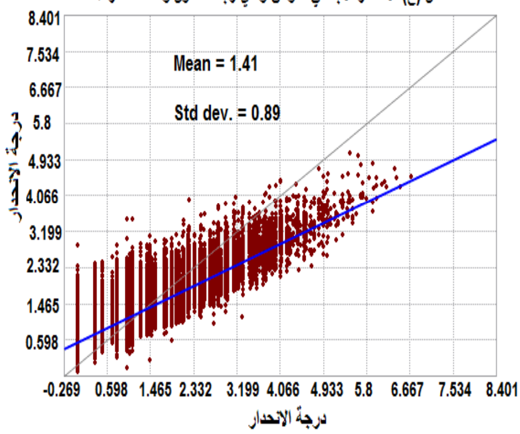
الشكل (م) الانحدار الاجمالي لحوض وادي المطخ



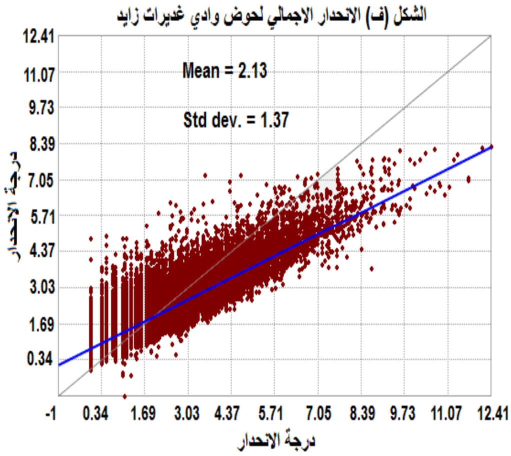
الشكل (س) الانحدار الاجمالي لحوض وادي المناوخ



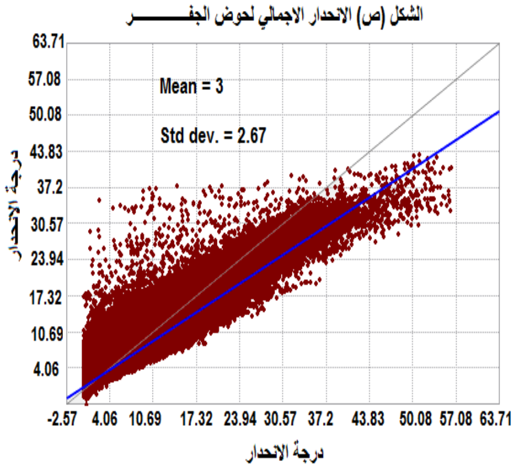
الشكل (ع) الانحدار الاجمالي لحوض وادي رجلة سحول ودعة السمراء



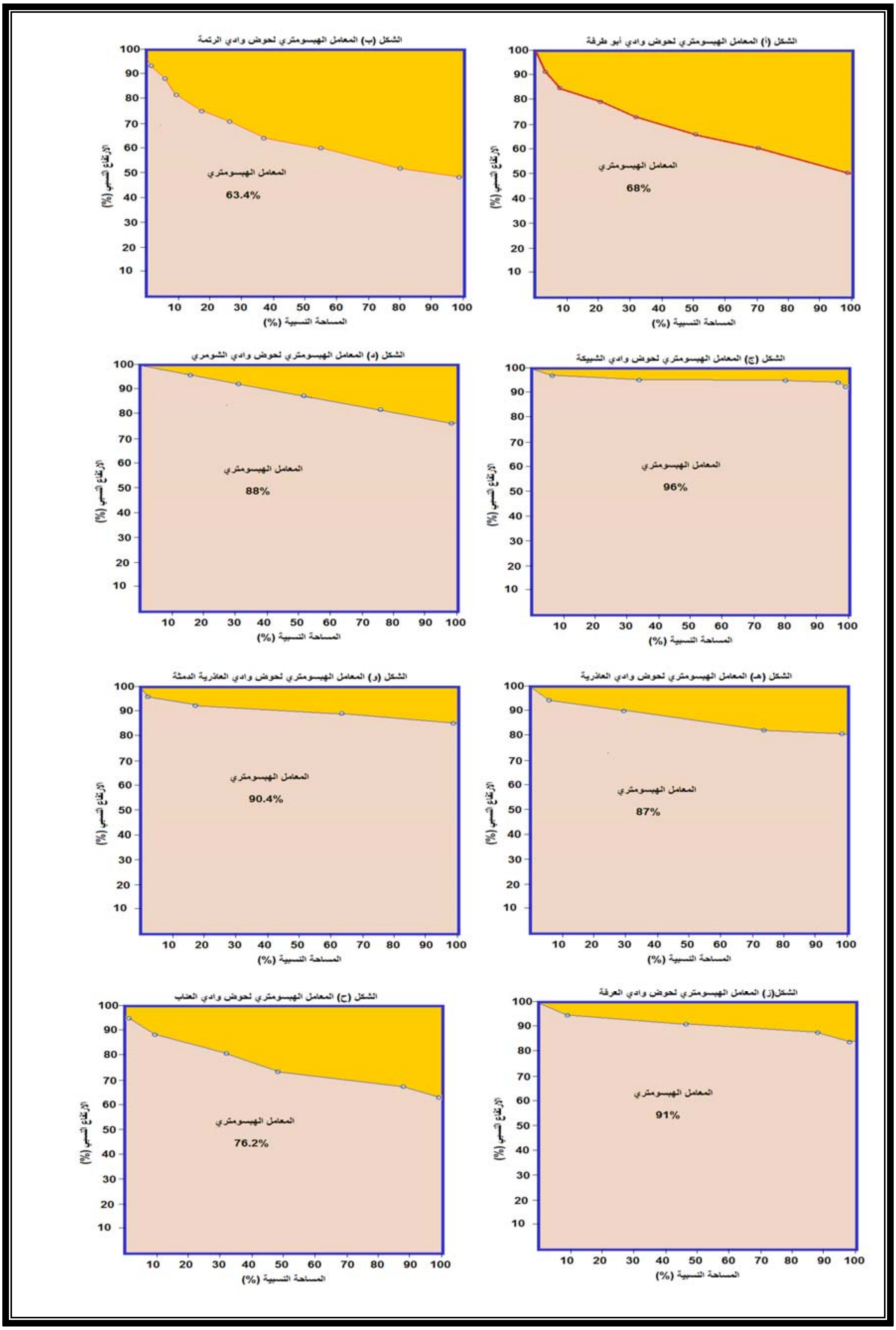
الشكل (ف) الانحدار الاجمالي لحوض وادي غديرات زايد



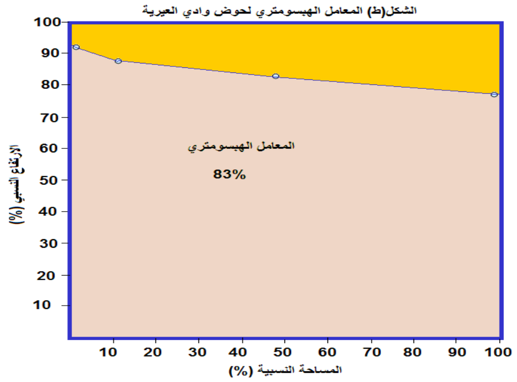
الشكل (ص) الانحدار الاجمالي لحوض الجفـــــــــر



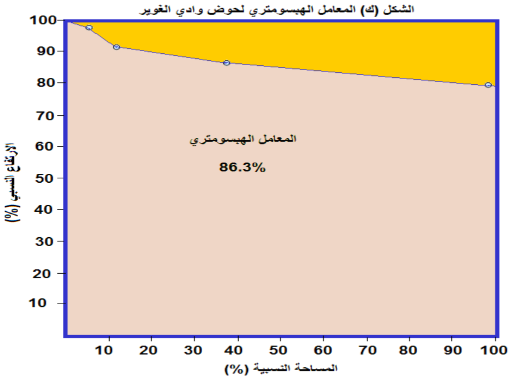
ملحق رقم (6) المعامل الهبسومتري للأحواض الثانوية في حوض الجفر



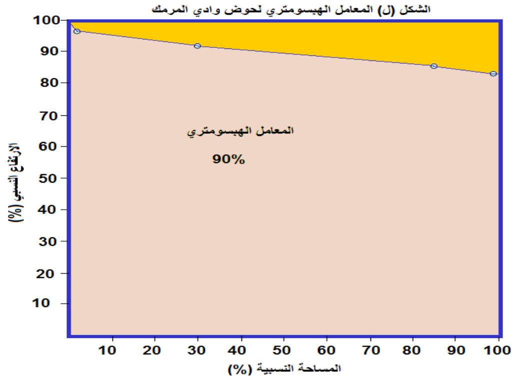
الشكل(ط) المعامل الهبسومتري لحوض وادي العيرية



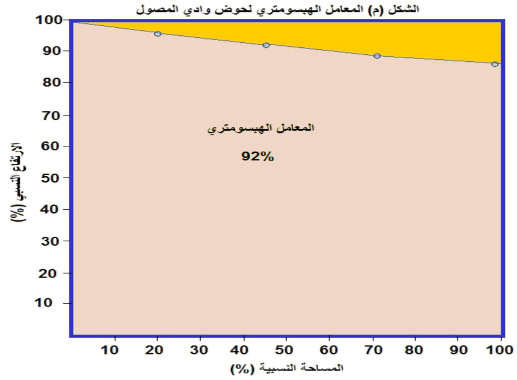
الشكل (ك) المعامل الهبسومتري لحوض وادي الغوير



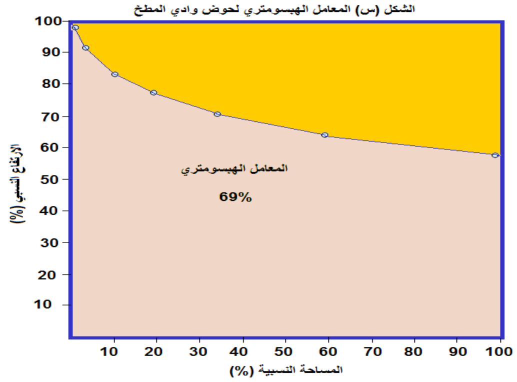
الشكل (ل) المعامل الهبسومتري لحوض وادي المرمك



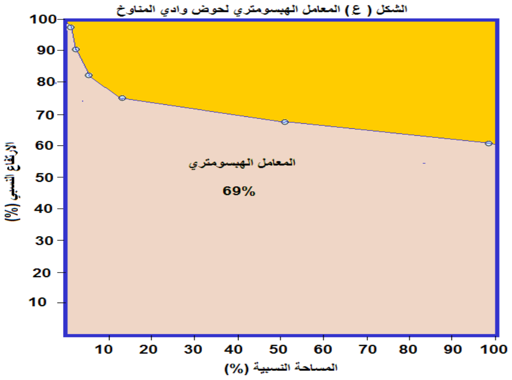
الشكل (م) المعامل الهبسومتري لحوض وادي المصول



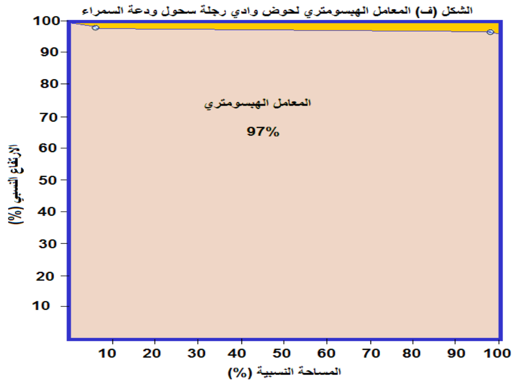
الشكل (س) المعامل الهبسومتري لحوض وادي المطخ



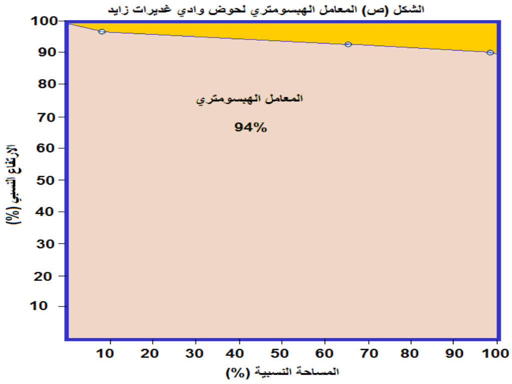
الشكل (ع) المعامل الهبسومتري لحوض وادي المناوخ



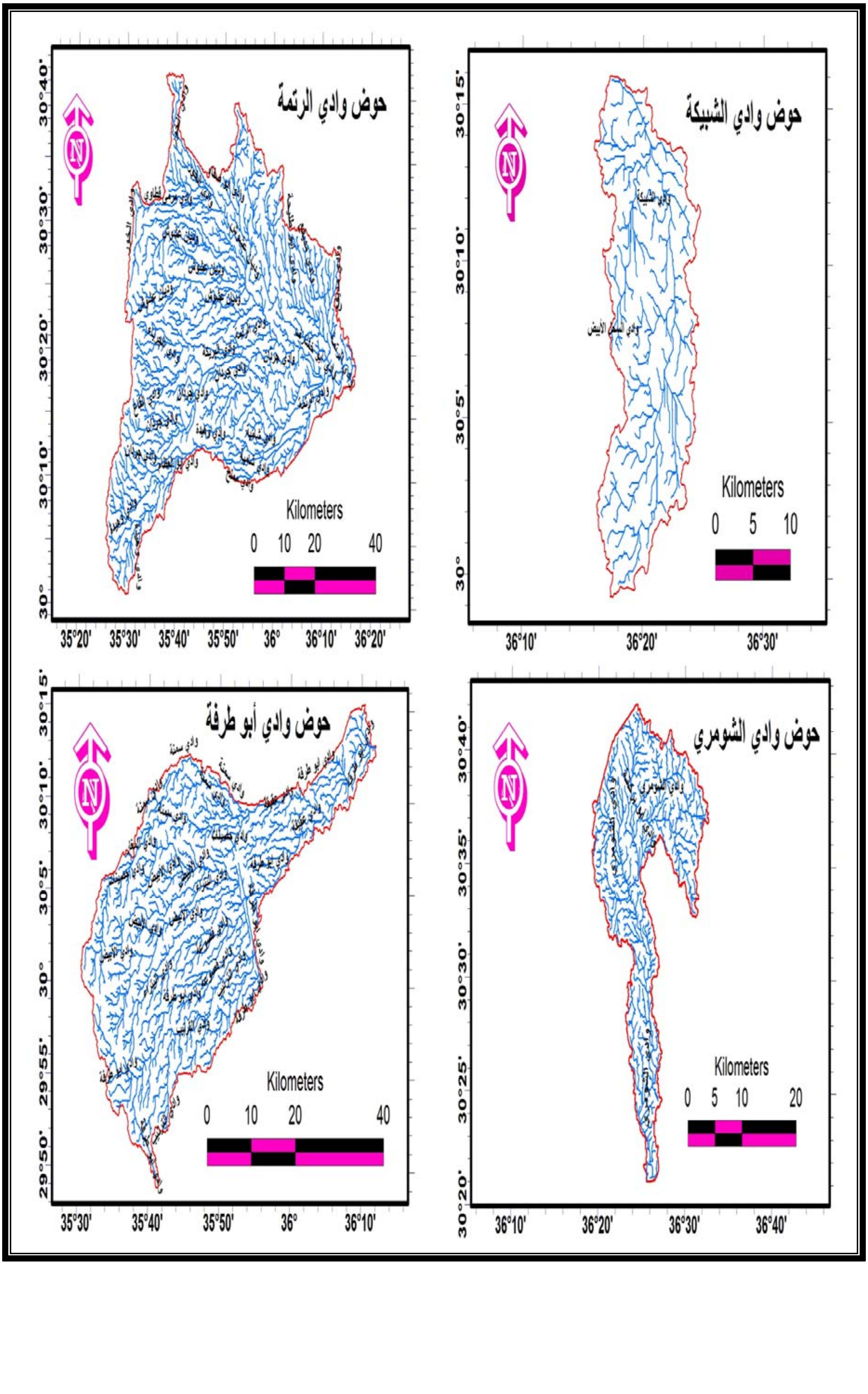
الشكل (ف) المعامل الهبسومتري لحوض وادي رجلة سحول ودعة السمراء

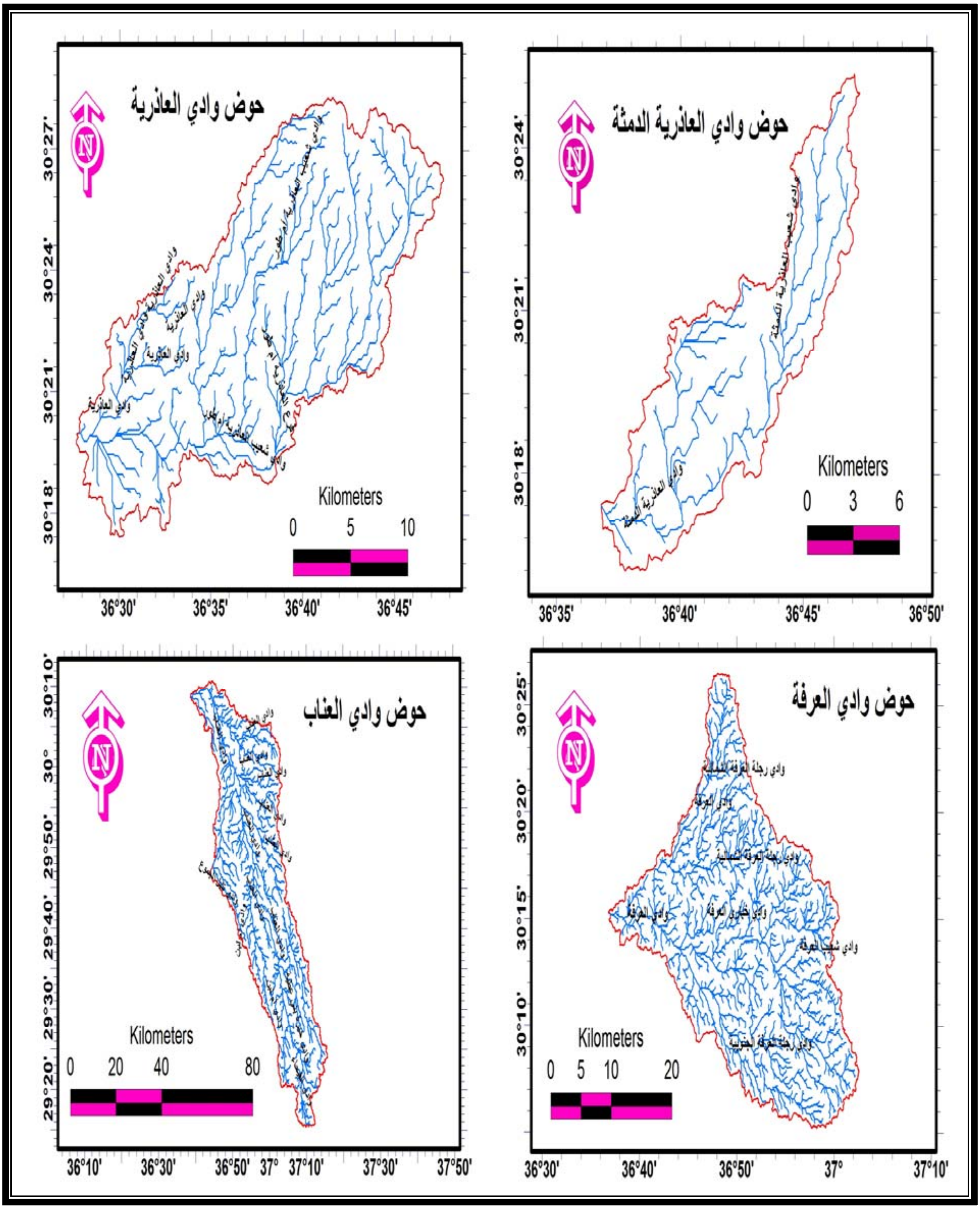


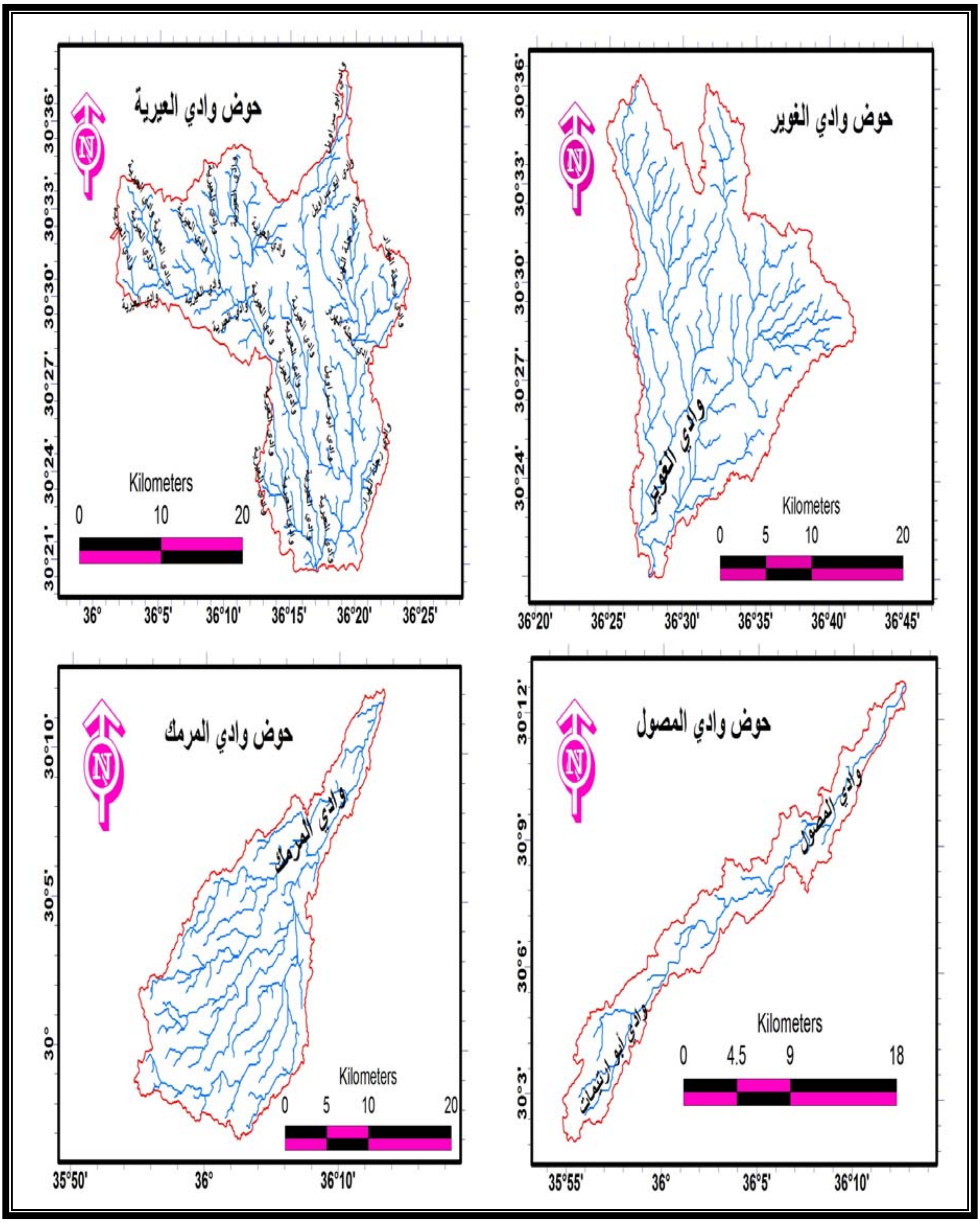
الشكل (ص) المعامل الهبسومتري لحوض وادي غديرات زايد

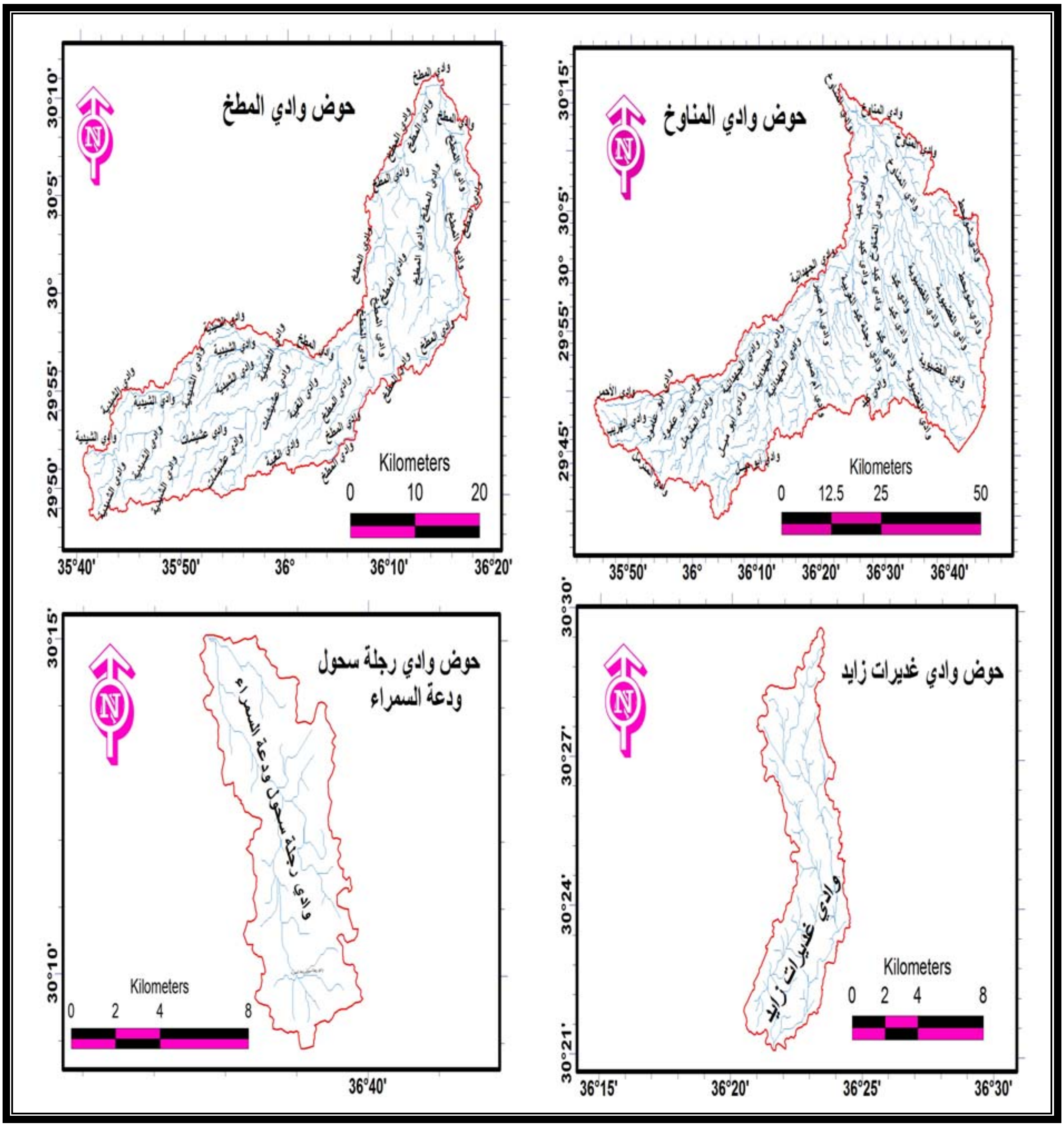


ملحق رقم (7) الشبكة المائية للأحواض الثانوية في حوض الجفر




حوض وادي العاذرية
Kilometers
0 5 10
حوض وادي العاذرية الدمثة
Kilometers
0 3 6
حوض وادي العناب
Kilometers
0 20 40 80
حوض وادي العرفة
Kilometers
0 5 10 20


حوض وادي العيرية
Kilometers
0 10 20
30°36'
30°33'
30°30'
30°27'
30°24'
30°21'
36° 36°5' 36°10' 36°15' 36°20' 36°25'
حوض وادي الغوير
وادي الغوير
Kilometers
0 5 10 20
36°20' 36°25' 36°30' 36°35' 36°40' 36°45'
حوض وادي المرمك
وادي المرمك
Kilometers
0 5 10 20
30°10'
30°5'
30°
35°50' 36° 36°10'
حوض وادي المصول
وادي المصول
Kilometers
0 4.5 9 18
30°12'
30°9'
30°6'
30°3'
35°55' 36° 36°5' 36°10'


حوض وادي المطخ
Kilometers
0 10 20
35°40' 35°50' 36° 36°10' 36°20'
29°50' 29°55' 30° 30°5' 30°10'
حوض وادي المناوخ
Kilometers
0 12.5 25 50
35°50' 36° 36°10' 36°20' 36°30' 36°40'
29°45' 29°55' 30° 30°5' 30°15'
حوض وادي رجلة سحول
ودعة السمراء
وادي رجلة سحول ودعة السمراء
Kilometers
0 2 4 8
36°40'
30°10' 30°15'
حوض وادي غديرات زايد
وادي غديرات زايد
Kilometers
0 2 4 8
36°15' 36°20' 36°25' 36°30'
30°21' 30°24' 30°27' 30°30'

ملحق رقم (8) أعداد و أطوال المجاري المائية لحوض الجفر وللأحواض الثانوية

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول(%)	متوسط الطول (كم)
وادي الرتمة	1	860	1352.1	76.241	45.032	1.5722
	2	202	731.5	17.908	24.363	3.6213
	3	45	464.3	3.9894	15.464	10.318
	4	16	312.3	1.4184	10.401	19.519
	5	4	114.5	0.3546	3.8135	28.625
	6	1	27.8	0.0887	0.9259	27.8
المجموع		1128	3002.5	100	100	2.6618
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي أبو طرفة	1	694	772	78.953	48.043	1.1124
	2	140	354.1	15.927	22.036	2.5293
	3	34	223.7	3.868	13.921	6.5794
	4	8	183.61	0.9101	11.426	22.951
	5	2	31.6	0.2275	1.9665	15.8
	6	1	41.9	0.1138	2.6075	41.9
المجموع		879	1606.9	100	100	1.8281
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي الشبيكة	1	158	183.3	75.238	53.518	1.1601
	2	38	71.8	18.095	20.964	1.8895
	3	11	52.2	5.2381	15.241	4.7455
	4	2	29	0.9524	8.4672	14.5
	5	1	6.2	0.4762	1.8102	6.2
المجموع		210	342.5	100	100	1.631

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي الشومري	1	508	289.85	75.821	52.379	0.5706
	2	126	163	18.806	29.456	1.2937
	3	28	21.83	4.1791	3.945	0.7796
	4	5	29.51	0.7463	5.3329	5.902
	5	2	15.034	0.2985	2.7169	7.517
	6	1	34.142	0.1493	6.1699	34.142
المجموع		670	553.36	100	100	0.8259
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي العاذرية	1	191	185.69	77.959	49.576	0.9722
	2	43	88.324	17.551	23.581	2.054
	3	8	58.25	3.2653	15.552	7.2813
	4	2	41	0.8163	10.946	20.5
	5	1	1.295	0.4082	0.3457	1.295
المجموع		245	374.56	100	100	1.5288
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي العاذرية الدمثة	1	56	48.042	80	43.0191	0.85789
	2	11	35.934	15.7143	32.177	3.26673
	3	2	20.475	2.85714	18.3343	10.2375
	4	1	7.225	1.42857	6.46961	7.225
المجموع		70	111.68	100	100	1.5954

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي العرفة	1	700	557.22	75.758	48.39	0.796
	2	166	286.77	17.965	24.903	1.7275
	3	40	155.61	4.329	13.513	3.8901
	4	13	86.343	1.4069	7.4981	6.6418
	5	4	32	0.4329	2.7789	8
	6	1	33.595	0.1082	2.9174	33.595
المجموع		924	1151.5	100	100	1.2462
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي العناب	1	459	803.34	78.328	50.129	1.7502
	2	95	413.46	16.212	25.8	4.3522
	3	25	179.23	4.2662	11.184	7.1691
	4	6	114.55	1.0239	7.1483	19.092
	5	1	91.962	0.1706	5.7385	91.962
المجموع		586	1602.5	100	100	2.7347
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي العيرية	1	163	250.95	76.887	52.803	1.5396
	2	36	123.04	16.981	25.89	3.4179
	3	10	54.092	4.717	11.382	5.4092
	4	2	45.739	0.9434	9.624	22.87
	5	1	1.433	0.4717	0.3015	1.433
المجموع		212	475.26	100	100	2.2418

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي رجلة سحول ودعة السمراء	1	29	28.209	74.359	54.937	0.9727
	2	7	10.271	17.949	20.003	1.4673
	3	2	6.434	5.1282	12.53	3.217
	4	1	6.434	2.5641	12.53	6.434
المجموع		39	51.348	100	100	1.3166
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي غديرات زايد	1	78	39.566	81.25	45.465	0.5073
	2	15	19.905	15.625	22.873	1.327
	3	2	27.281	2.0833	31.348	13.641
	4	1	0.273	1.0417	0.3137	0.273
المجموع		96	87.025	100	100	0.9065
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي المطخ	1	213	364.23	76.344	48.865	1.71
	2	50	193.6	17.921	25.973	3.872
	3	12	83.61	4.3011	11.217	6.9675
	4	3	53.449	1.0753	7.1707	17.816
	5	1	50.493	0.3584	6.7741	50.493
المجموع		279	745.38	100	100	2.6716

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
وادي المناوخ	1	456	875.27	76.639	46.669	1.9195
	2	102	530.43	17.143	28.282	5.2003
	3	26	227.71	4.3697	12.141	8.7582
	4	8	135.82	1.3445	7.2416	16.977
	5	2	94.312	0.3361	5.0287	47.156
	6	1	11.953	0.1681	0.6373	11.953
المجموع		595	1875.5	100	100	3.1521

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول(كم)	نسبة عدد الروافد(%)	نسبة الطول (%)	متوسط الطول (كم)
الجفر	1	4773	6065.4	76.934	47.996	1.2708
	2	1076	3158.6	17.344	24.994	2.9355
	3	257	1706	4.1425	13.5	6.6382
	4	72	1102.7	1.1605	8.726	15.316
	5	21	455.12	0.3385	3.6014	21.672
	6	5	149.39	0.0806	1.1821	29.878
المجموع		6204	12637	100	100	2.0369

ملحق رقم (9) خصائص الشبكة المائية في حوض الجفر والأحواض الثانوية

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي الرتمة	1	860	1352.1	0.4	0.3	4.3
	2	202	731.5	0.24	0.1	4.5
	3	45	464.3	0.2	0.01	2.8
	4	16	312.3	0.1	0.005	4
	5	4	114.5	0.03	0.001	4
	6	1	27.8	0.01	0.0003	--
المجموع		1128	3002.5	1	0.37	--
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي أبو طرفة	1	694	772	0.63	0.57	5
	2	140	354.1	0.3	0.1	4.1
	3	34	223.7	0.2	0.03	4.3
	4	8	183.6	0.15	0.01	4
	5	2	31.6	0.026	0.002	2
	6	1	41.9	0.03	0.001	--
المجموع		879	1606.9	1.3	0.7	--
الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي الشبيكة	1	158	183.3	0.65	0.56	4.16
	2	38	71.8	0.3	0.14	3.45
	3	11	52.2	0.2	0.04	5.5
	4	2	29	0.1	0.01	2
	5	1	6.2	0.02	0.004	--
المجموع		210	342.5	1.2	0.75	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي الشومري	1	508	289.8	0.9	1.5	4.03
	2	126	163	0.5	0.4	4.5
	3	28	21.8	0.1	0.1	5.6
	4	5	29.5	0.1	0.02	2.5
	5	2	15.03	0.05	0.01	2
	6	1	34.1	0.1	0.003	--
المجموع		670	553.4	1.7	2.04	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي العاذرية	1	191	185.7	0.6	0.6	4.4
	2	43	88.3	0.3	0.1	5.375
	3	8	58.3	0.2	0.03	4
	4	2	41	0.1	0.01	2
	5	1	1.3	0.004	0.003	--
المجموع		245	374.6	1.2	0.8	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي العاذرية الدمثة	1	56	48.04	0.5	0.6	5.1
	2	11	36	0.4	0.1	5.5
	3	2	20.5	0.2	0.02	2
	4	1	7.2	0.08	0.01	--
المجموع		70	111.7	1.2	0.8	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي العرفة	1	700	557.2	0.76	1	4.2
	2	166	286.8	0.4	0.2	4.15
	3	40	155.6	0.2	0.1	3.1
	4	13	86.3	0.12	0.02	3.25
	5	4	32	0.04	0.005	4
	6	1	33.6	0.05	0.001	--
المجموع		924	1152	1.6	1.3	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي العناب	1	459	803.3	0.4	0.2	4.8
	2	95	413.5	0.2	0.04	3.8
	3	25	179.2	0.08	0.01	4.2
	4	6	114.6	0.05	0.003	6
	5	1	92	0.04	4E-04	--
المجموع		586	1603	0.7	0.3	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي العيرية	1	163	251	0.5	0.3	4.5
	2	36	123	0.2	0.07	3.6
	3	10	54.1	0.1	0.02	5
	4	2	45.7	0.1	0.004	2
	5	1	1.4	0.003	0.002	--
المجموع		212	475.3	1	0.4	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي الغوير	1	104	156.5	0.4	0.3	4
	2	26	38.1	0.1	0.1	3.7
	3	7	42.46	0.1	0.02	3.5
	4	2	43.2	0.1	0.005	2
	5	1	2.1	0.006	0.003	--
المجموع		140	282.4	0.7	0.4	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي المرمك	1	89	133	0.4	0.3	5.2
	2	17	91.8	0.3	0.1	4.25
	3	4	55	0.2	0.01	2
	4	2	14.3	0.04	0.006	2
	5	1	14.17	0.04	0.003	--
المجموع		113	308.2	1	0.4	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي المصول	1	15	26.16	0.3	0.2	7.5
	2	2	6.568	0.1	0.03	2
	3	1	33.85	0.4	0.01	--
المجموع		18	66.6	0.9	0.2	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي رجلة سحول ودعة السمراء	1	29	28.21	0.6	0.7	4.1
	2	7	10.27	0.2	0.2	3.5
	3	2	6.434	0.1	0.04	2
	4	1	6.4	0.1	0.02	--
المجموع	39	51.3	1.2	0.9	--	

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي غديرات زايد	1	78	39.6	0.8	1.6	5.2
	2	15	19.9	0.4	0.3	7.5
	3	2	27.28	0.6	0.04	2
	4	1	0.3	0.006	0.02	--
المجموع	96	87.03	1.8	2	--	

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي المطخ	1	213	364.2	0.4	0.2	4.3
	2	50	193.6	0.2	0.06	4.2
	3	12	83.6	0.1	0.01	4
	4	3	53.45	0.06	0.003	3
	5	1	50.5	0.06	0.001	--
المجموع	279	745.4	0.9	0.3	--	

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
وادي المناوخ	1	456	875.3	0.4	0.2	4.5
	2	102	530.4	0.2	0.04	4
	3	26	227.7	0.1	0.01	3.3
	4	8	135.8	0.1	0.003	4
	5	2	94.31	0.04	0.001	2
	6	1	11.95	0.005	4E-04	--
المجموع		595	1876	0.8	0.2	--

الحوض	الرتبة	عدد الروافد	الطول (كم)	الكثافة التصريفية (كم/كم2)	التكرار النهري (مجرى/كم2)	نسبة التشعب (مجرى)
الجفر	1	4773	6065	0.4	0.4	4.4
	2	1076	3159	0.2	0.1	4.2
	3	257	1706	0.13	0.02	3.6
	4	72	1103	0.1	0.01	3.4
	5	21	455.1	0.03	0.002	4.2
	6	5	149.4	0.01	4E-04	--
المجموع		6204	12637	1	0.5	--

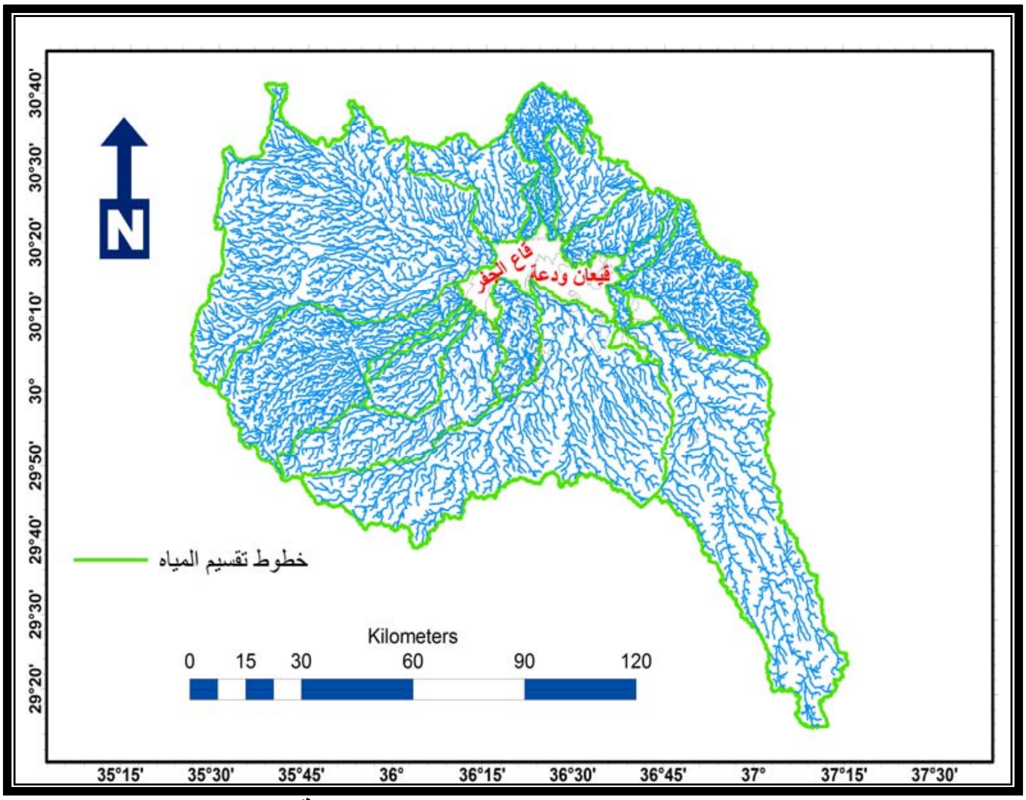
ملحق رقم (10) قيمة الوعورة ،معدل القوام الحوضي والاقليمي في حوض الجفر

الحوض	اعلى منسوب (م)	أدنى منسوب (م)	الفرق بين أعلى وأدنى منسوب (م)	طول محيط الحوض(كم)	الكثافة التصريفية(كم/كم2)	قيمة الوعورة(%)	معدل القوام الحوضي	معدل القوام الاقليمي
حوض الجفر	1725	795	930	873.8	0.93	1		
وادي الرتمة	1725	802	923	379.15	0.98	2.4	0.6	0.13
وادي ابو طرفة	1661	833	828	246.6	1.3	4.4	0.33	0.03
وادي الشومري	1089	827	262	155.2	1.7	2.8	0.63	0.02
وادي العاذرية	1010	827	183	119	1.2	1.85	0.8	0.02
وادي العرفة	987	844	143	175	1.6	1.3	1.44	0.04
وادي العناب	1368	848	520	374.2	0.7	0.98	1.1	0.2
وادي العيرية	1080	817	263	162.8	0.92	1.5	0.82	0.03
وادي الغوير	1033	823	210	135.5	0.74	1.14	1.1	0.03
وادي المرمك	1012	837	175	118.5	0.96	1.4	0.6	0.01
وادي المصول	982	837	145	98.1	0.9	1.3	0.3	0.0014
وادي المطخ	1420	818	602	230.2	0.9	2.3	0.3	0.02
وادي المناوخ	1342	795	547	408.2	0.8	1.2	0.31	0.06

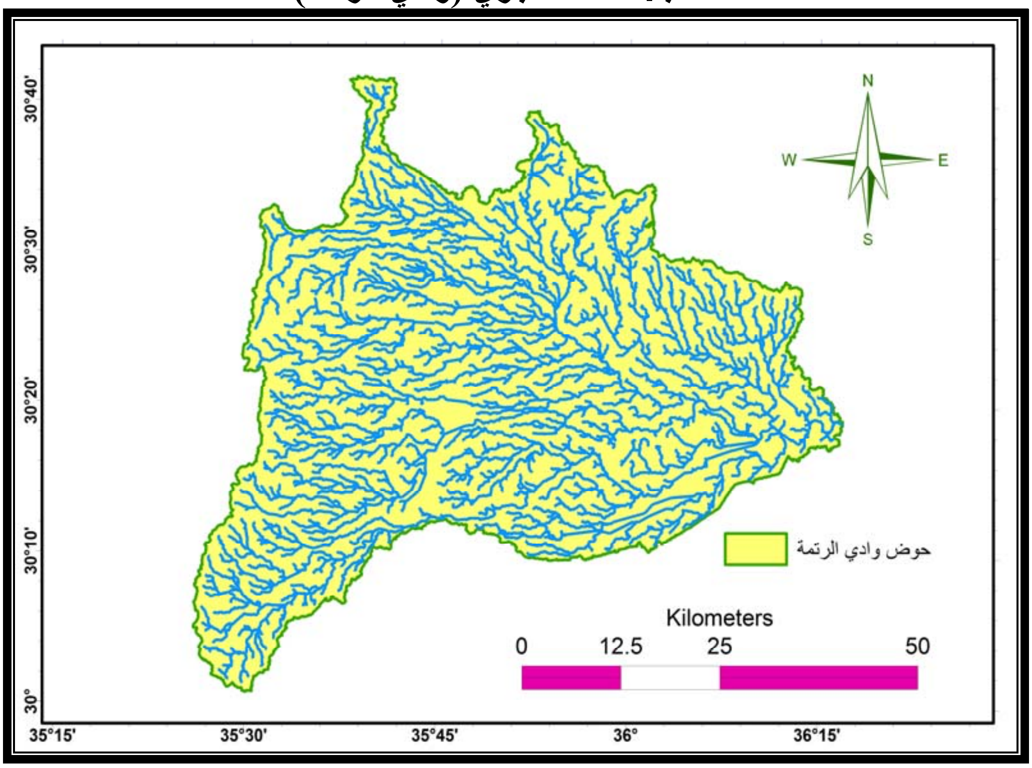
وادي الشبيكة	888	808	80	111.7	1.2	0.9	0.74	0.02
وادي العاذرية الدمثة	969	845	124	70.6	1.2	2.1	0.9	0.006
وادي غديرات زايد	912	828	84	52.3	1.8	2.9	2.1	0.008
وادي رجلة سحول	874	843	31	42.9	1.2	0.9	3.5	0.01
المعدل	1147	827	320	180	1.1	1.8	1	المجموع
								0.6

ملحق رقم (11) أنماط الشبكة المائية في حوض الجفر

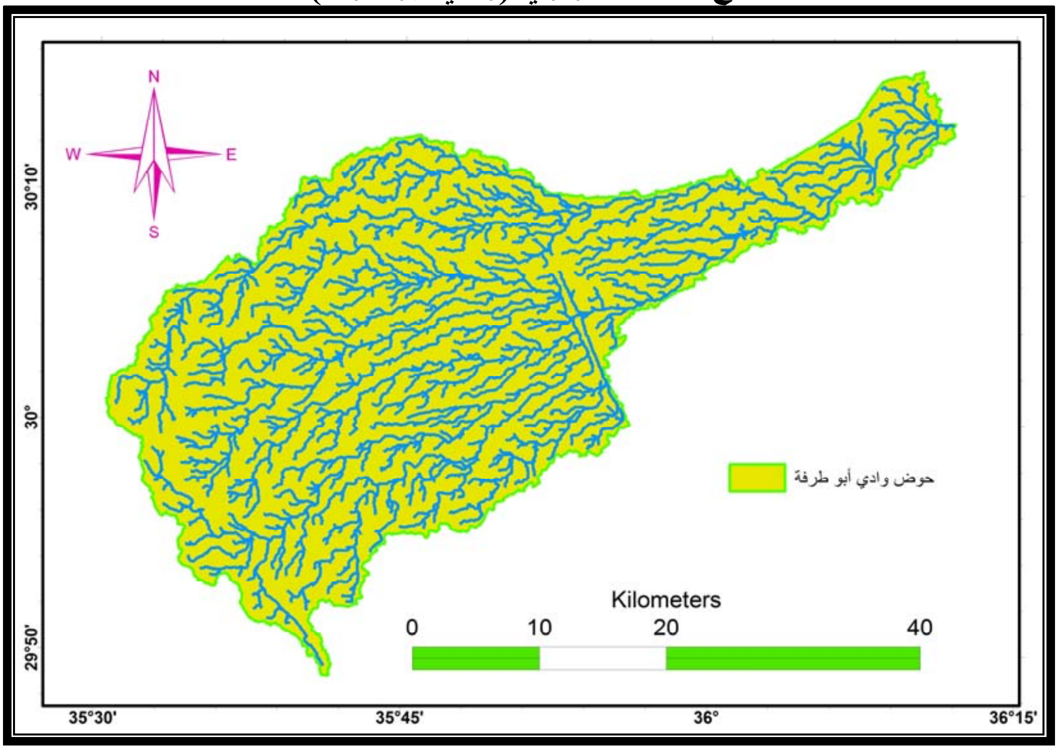
أ. النمط المركزي (حوض الجفر)



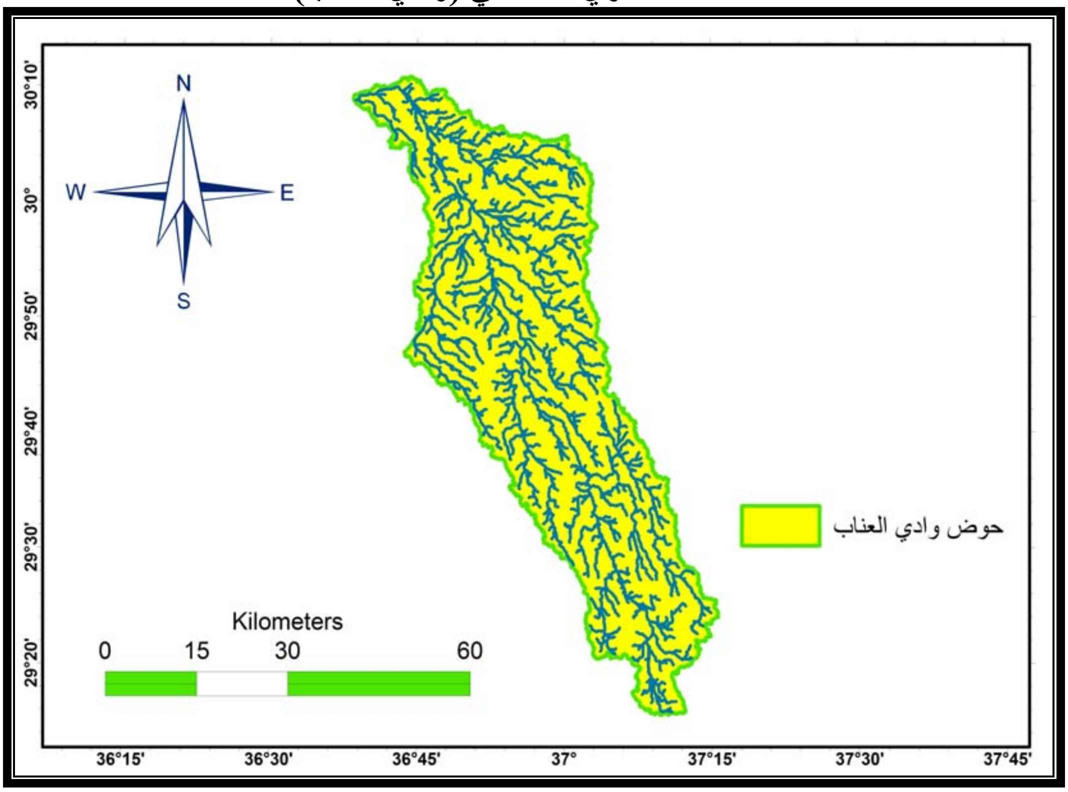
ب.النمط الشجري (وادي الرتمة)



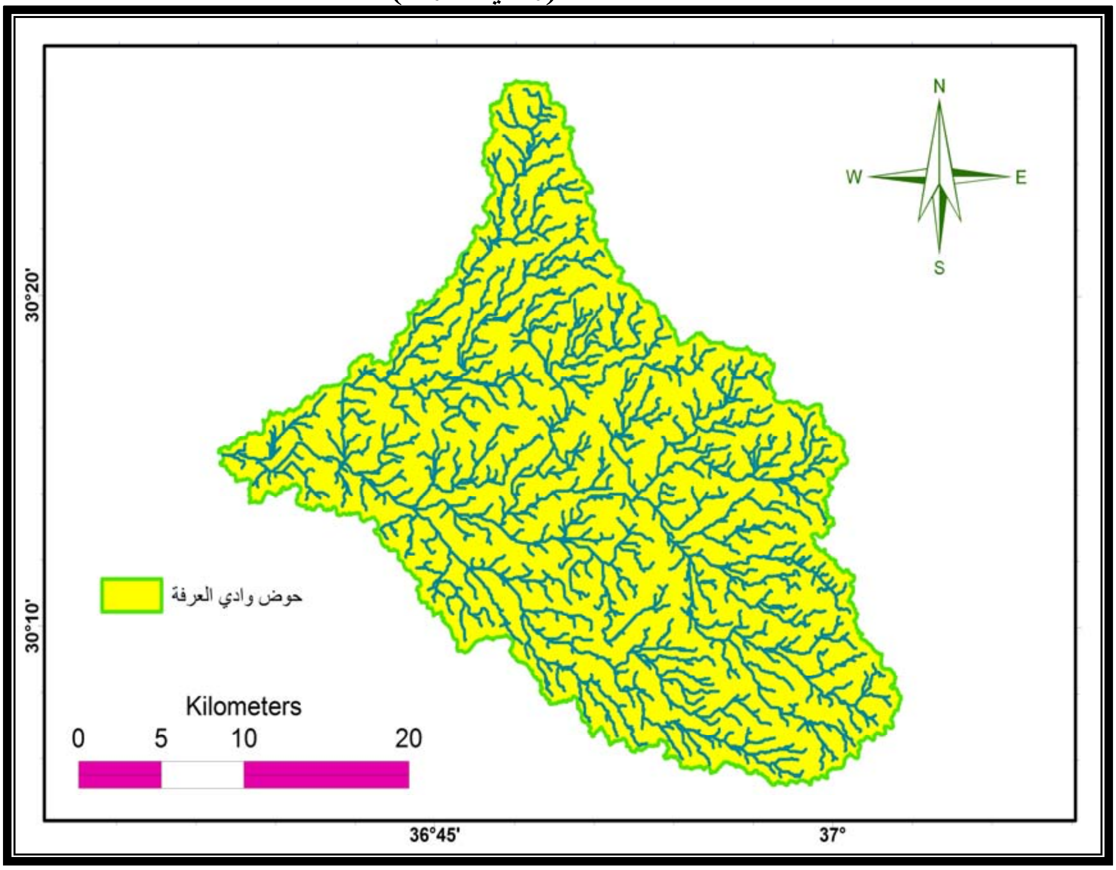
ج.النمط المتوازي (وادي أبو طرفة) .



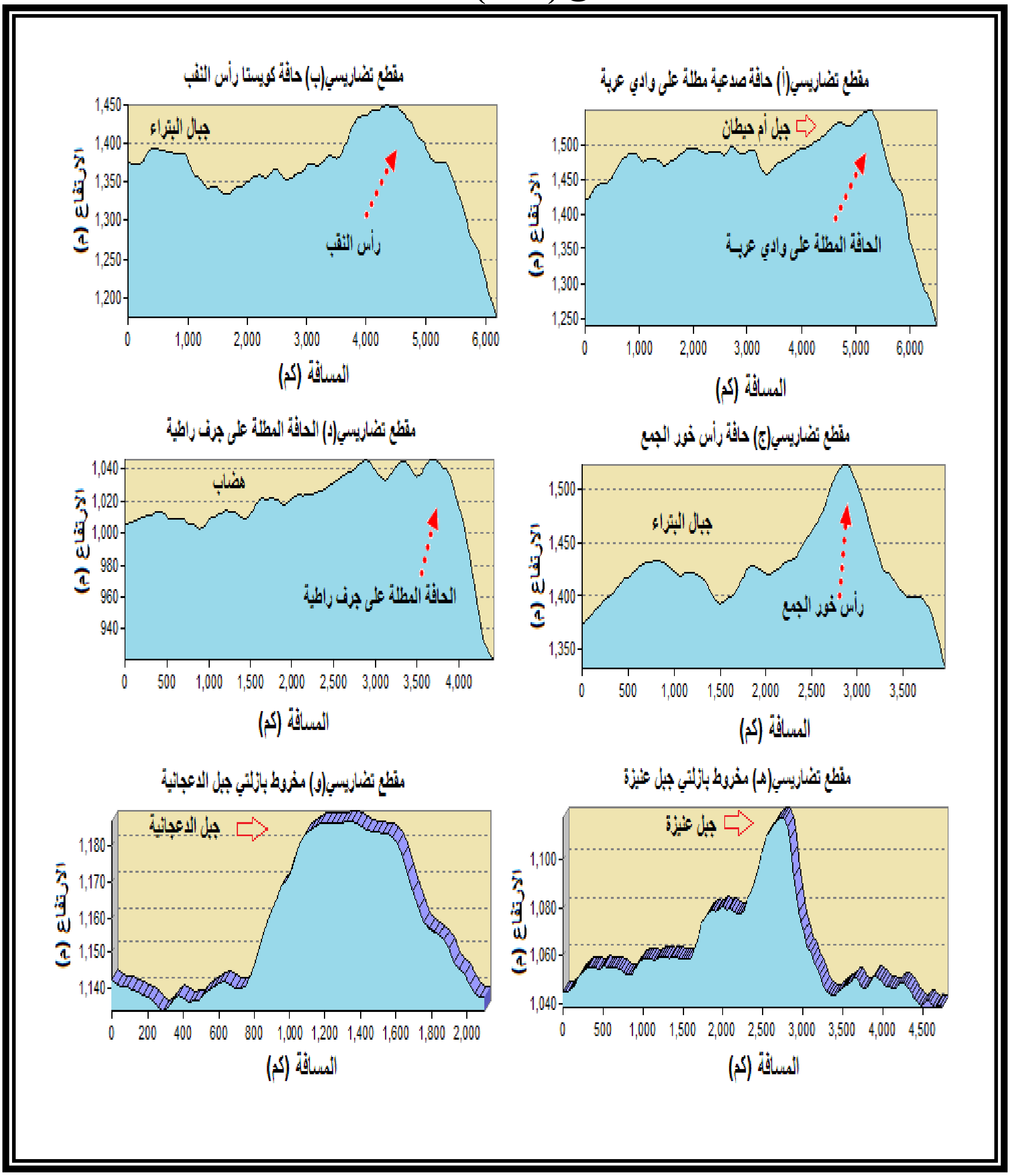
د.النمط الشعري الصدعي (وادي العناب) .



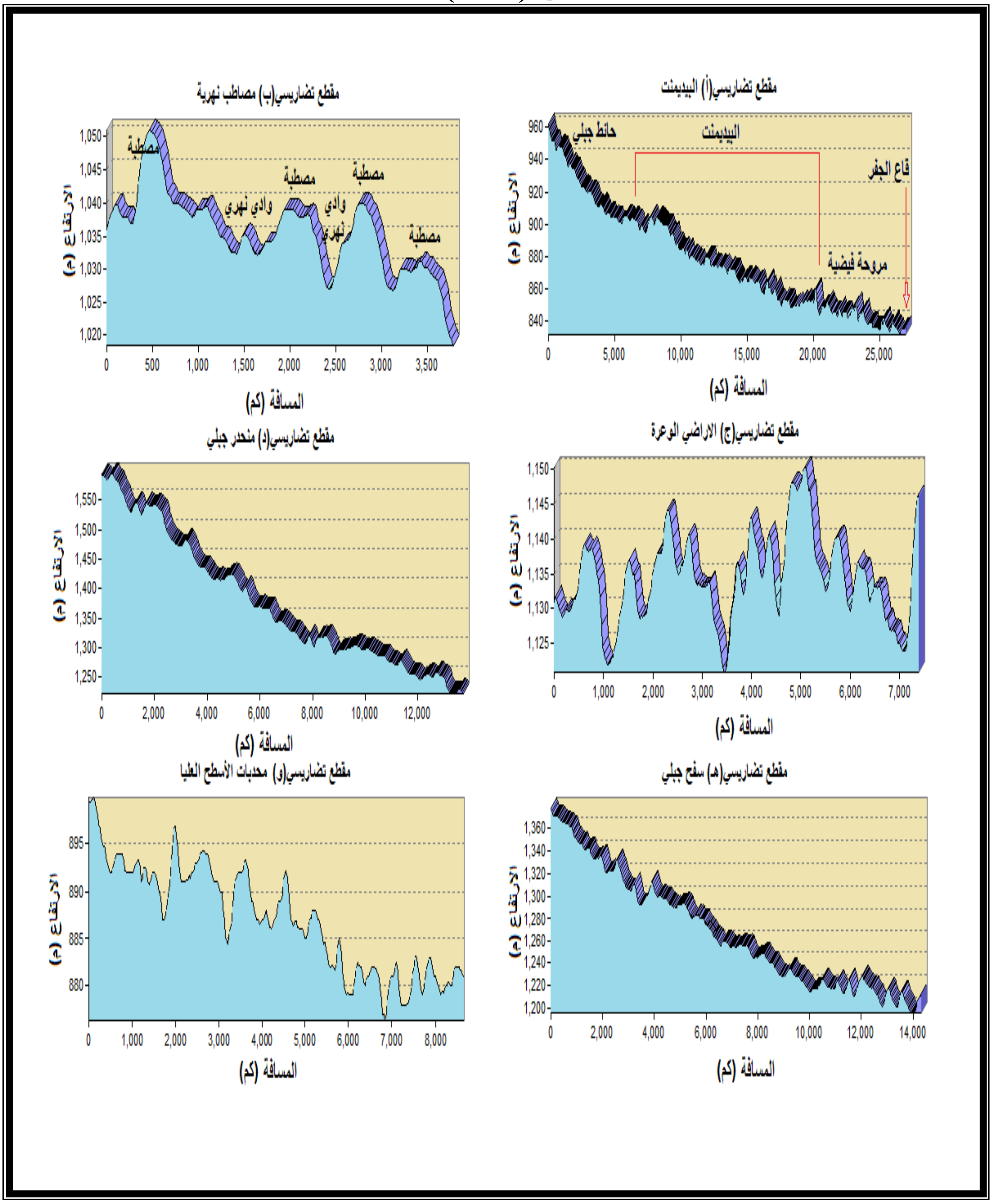
هـ.النمط المتعامد (وادي العرفة) .



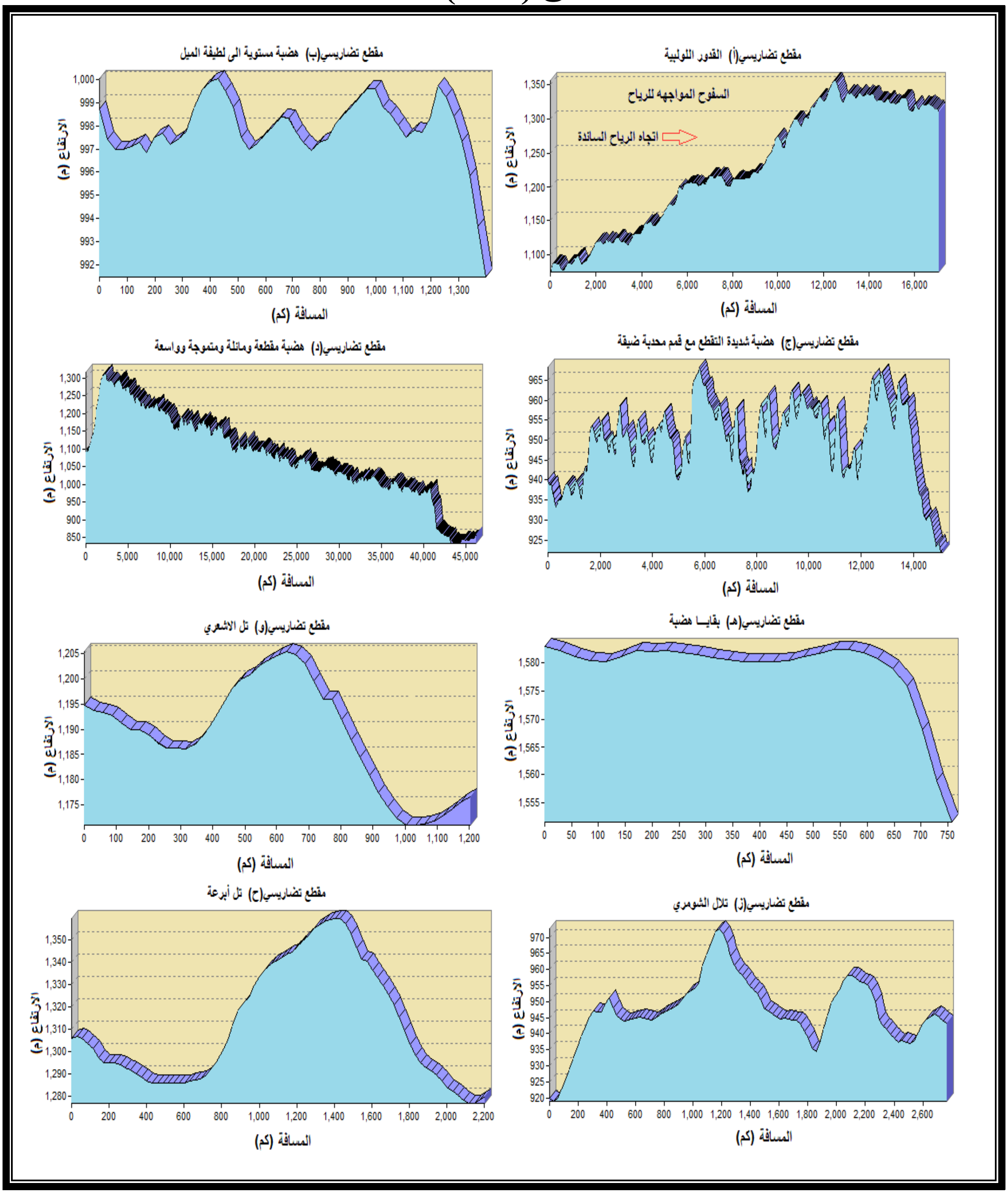
ملحق رقم (12) المقاطع التضاريسية للأشكال الأرضية
ملحق (1:12)



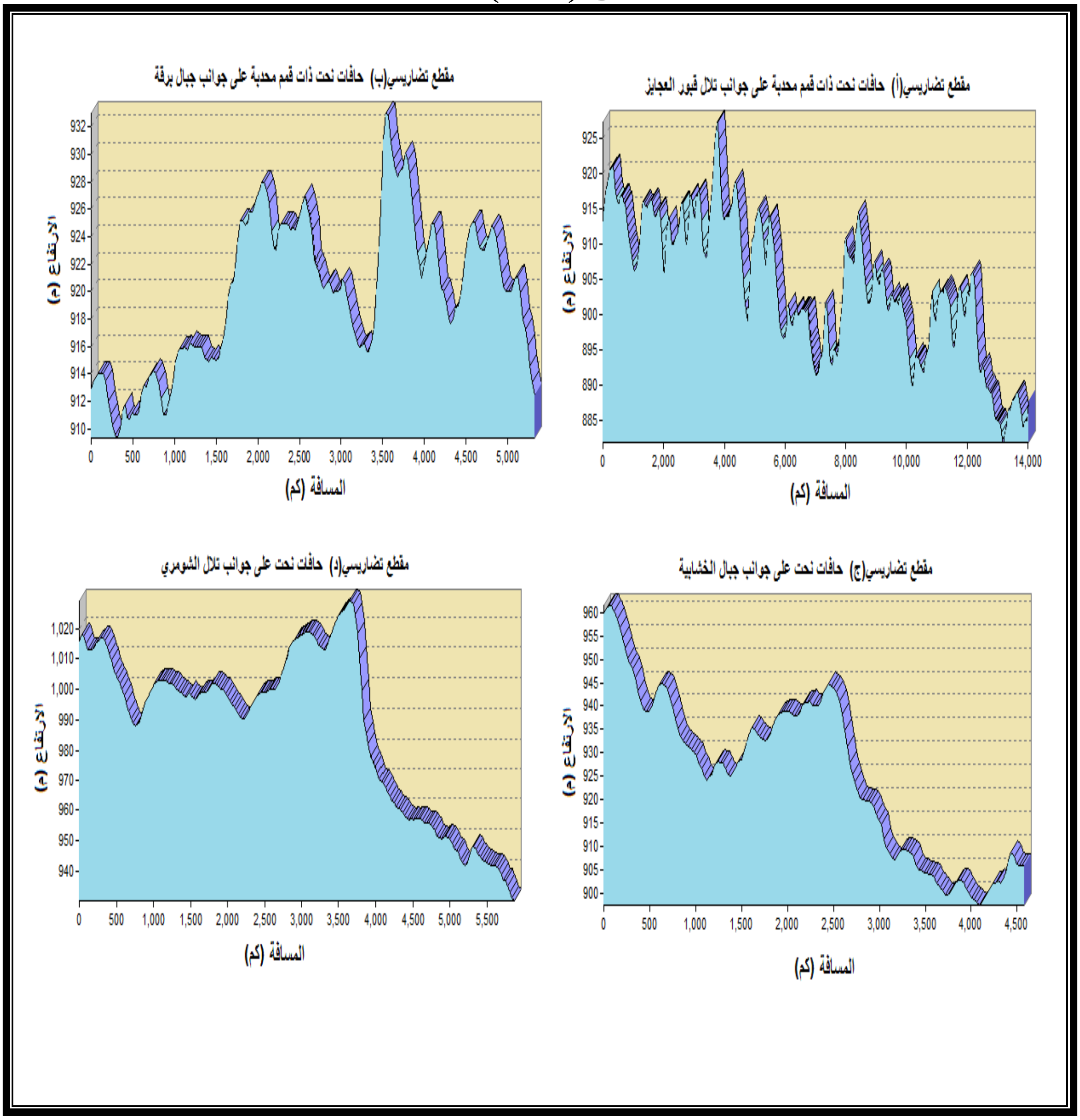
ملحق (2:12)


مقطع تضاريسي(أ) البيديمنت
حائط جبلي
البيديمنت
قاع الجفر
مروحة فيضية
مقطع تضاريسي(ب) مصاطب نهرية
مصطبة
وادي نهري
مقطع تضاريسي(ج) الاراضي الوعرة
مقطع تضاريسي(د) منحدر جبلي
مقطع تضاريسي(هـ) سفح جبلي
مقطع تضاريسي(و) محدبات الأسطح العليا
الارتفاع (م)
المسافة (كم)

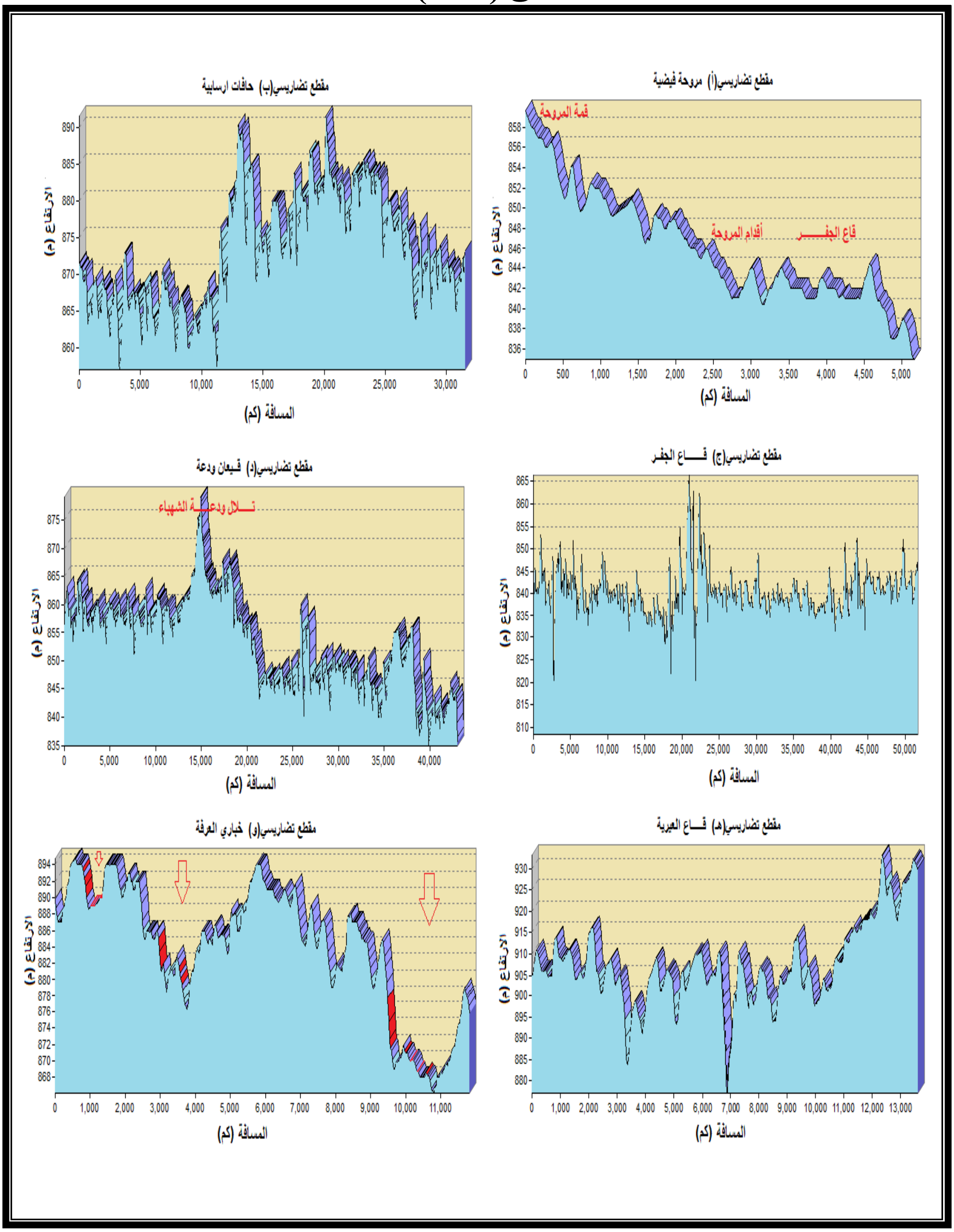
ملحق (3:12)


مقطع تضاريسي(أ) القدور اللولبية
السفوح المواجهه للرياح
اتجاه الرياح السائدة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ب) هضبة مستوية الى لطيفة الميل
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ج) هضبة شديدة التقطع مع قمم محدبة ضيقة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(د) هضبة مقطعة ومائلة ومتموجة وواسعة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(هـ) بقايـا هضبة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(و) تل الاشعري
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ز) تلال الشومري
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ح) تل أبرعة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)

ملحق (4:12)


مقطع تضاريسي(أ) حافات نحت ذات قمم محدبة على جوانب تلال قبور العجايز
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ب) حافات نحت ذات قمم محدبة على جوانب جبال برقة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ج) حافات نحت على جوانب جبال الخشابية
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(د) حافات نحت على جوانب تلال الشومري
الارتفاع (م)
المسافة (كم)

ملحق (5:12)


مقطع تضاريسي(أ) مروحة فيضية
قمة المروحة
أقدام المروحة
قاع الجفـــر
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ب) حافات ارسابية
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(ج) قـــاع الجفـر
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(د) قيعان ودعة
تـــلال ودعـــة الشهباء
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(هـ) قـــاع العبرية
الارتفاع (م)
المسافة (كم)
مقطع تضاريسي(و) خباري العرفة
الارتفاع (م)
المسافة (كم)

ملحق رقم (13) النباتات الطبيعية في حوض الجفر
ملحق رقم (13-1) الغابات في حوض الجفر(غرب طريق : محطة عنيزة – الشوبك)





(المصدر : التقطها الباحث بتاريخ (2013/3/15)

ملحق رقم (13-2) الأعشاب الطبيعية في حوض الجفر



ملحق رقم (13-3) النباتات الصحراوية في حوض الجفر




15/3/2013


15/3/2013

ملحق رقم (14) جبل عنيزة(مخروط بازلتي)



ملحق رقم (15) تشققات التربة الطينية بفعل الحرارة في حوض الجفر



ASSESSMENT OF WATER HARVESTING POTENTIAL IN AL-JAFR BASIN SOUTH EAST JORDAN USING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM TECHNIQUES

By
Noah "Muhammad Ali" Hassan Al-Sababhah
Supervisor
Dr.Hassan Yousef Abu Samour,Prof

ABSTRACT

This study is based on the evaluation of the assessment of water harvesting potential in Al-Jafr Basin South East Jordan through integration between remote sensing techniques (R.S), Geographic Information System (GIS) and the hydrological models to determine the suitability of the study area to establish Water Harvesting systems or projects (Ponds and Dams).

The significance of this form of studies is to find out a model that could serve as a guide to support the spatial decision related to establishing water harvesting systems in arid and semi-arid regions in the future, where the assessment of rainwater harvesting potential process is considered a an important justification in areas suffering shortages and scarcity of water resources by taking advantage of watery discharge of the Valleys within basins under study.

In addition, this study aimed to assess water harvesting potential through developing a methodology that can be applied easily to identify rainwater harvesting locations in Al-Jafr Basin Southeast Jordan through integration the used data (remote sensing data, GIS and hydrological models) to assess rainwater harvesting potential in accordance with analytic hierarchy Process(AHP) using spatial multi-criteria evaluation model (SMCE). In addition, to study all the natural properties including (geology, soil, climate, geomorphology and natural vegetation), and human properties including (distributed human settlements and infrastructure) in the area

under study as an integrated action plan in the geographical information system (GIS) to achieve the study objectives.

Remote sensing technique and geographic information system was also used for the production of all main maps or spatial layers that were used in the spatial analysis, as well as for the production of maps required for develop the desired spatial model to assess water harvesting potential. Such maps include average annual rainfall, surface runoff coefficient , water balance, slope, land use and land cover, soil, geological formation, water network, the curve number (resolution 30 m), water harvesting weighted and final suitable maps (dams and Ponds).

Soil Conservation Service (SCS) system was used to estimate surface runoff and surface runoff coefficient in Al-Jafr Basin. (Thornthwait and Mather) (TM) model was also used to estimate water balance and identify excess and deficit areas in the study area.

Finally, this study found out Integrated Approach of the Spatial-Temporal Pattern for surface runoff potential using (SCS-CN) model and (TM) model with inputs extracted from remote sensing data (R.S) by the assistance of (GIS). Thus, spatial decision-making in terms of determining the best locations for the establishment of ponds and dams, through identification of a set of weighted criteria which produced the best results with high accuracy. Further, as this study showed the efficiency and the possibility of integration between remote sensing data and hydrological models within (GIS) environment through matching results that have been reached by using these methods and the field work results. In addition, the model developed in this study proved its effectiveness and applicability in different areas of the world.